



SKRIPSI - ME141501

**ANALISA FLUIDA PADA ELBOW PIPA AKIBAT PENAMBAHAN
VORTEX GENERATOR BERDASARKAN PERBEDAAN PARAMETER
D/Re (Diameter/Reynold)**

**AHMAD RIDHA
NRP 04211645000012**

**Dosen Pembimbing
Ir. Tony Bambang Musriyadi,PGD.,MMT.
Irfan Syarief Arief S.T.,M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



SKRIPSI - ME 141501

**ANALISA FLUIDA PADA ELBOW PIPA AKIBAT PENAMBAHAN VORTEX
GENERATOR BERDASARKAN PERBEDAAN PARAMETER D/Re
(Diameter/Reynold)**

AHMAD RIDHA
NRP 04211645000012

Dosen Pembimbing
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., MMT.
Irfan Syarief S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



SKRIPSI - ME 141501

**FLUID ANALYSIS ON ELBOW PIPE DUE TO ADDITION OF VORTEX
GENERATOR BASED ON DIFFERENT PARAMETER D/Re
(Diameter/Reynold)**

AHMAD RIDHA
NRP 04211645000012

Supervisors
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., MMT.
Irfan Syarief S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA FLUIDA PADA ELBOW PIPA AKIBAT PENAMBAHAN VORTEX GENERATOR BERDASARKAN PERBEDAAN PARAMETER D/Re (Diameter/Reynold)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Manufacture and Design* (MMD)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AHMAD RIDHA
NRP 0421 16 4500 0012

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PDG., MMT.
NIP 1959 0410 1987 01 1001
2. Irfan Syarief S.T., M.T.
NIP 1969 1225 1997 02 1001

()
()

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA FLUIDA PADA ELBOW PIPA AKIBAT PENAMBAHAN VORTEX GENERATOR BERDASARKAN PERBEDAAN PARAMETER D/Re (Diameter/Reynold)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Manufacture and Design* (MMD)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AHMAD RIDHA

NRP 0421 16 4500 0012

Disetujui oleh Kepala Departemen
Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 197708022008011007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISA FLUIDA PADA ELBOW PIPA AKIBAT PENAMBAHAN VORTEX
GENERATOR BERDASARKAN PERBEDAAN PARAMETER D/Re
(Diameter/Reynold)**

Nama Mahasiswa : Ahmad Ridha
NRP : 04211645000012
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing I : Ir.Tony Bambang Musriyadi,PDG.,MMT
Dosen Pembimbing II : Irfan Syarief S.T.,M.T

ABSTRAK

Kebutuhan akan sistem perpipaan cenderung semakin meningkat sebagai media transportasi pemindahan fluida pada kapal. Dalam sistem perpipaan ini kebanyakan jenis bahan pipa yang digunakan adalah jenis logam. Namun pada logam rentan terkena korosi yang dapat menyebabkan kegagalan atau kerusakan sistem perpipaan, salah satunya adalah korosi erosi. Korosi erosi merupakan salah satu kerusakan yang sering terjadi sistem perpipaan akibat adanya pergerakan relative fluida korosif dengan permukaan logam. Kecepatan fluida yang relative tinggi dan mengandung partikel akan menyebabkan erosi dan kecepatan fluida yang relative lambat akan menimbulkan korosi. hanya pada kecepatan tertentu korosi erosi dapat terjadi. Dalam penelitian ini melakukan pemecahan masalah dengan penambahan vortex generator atau sistem pengacau aliran yang di pasang di dalam instalasi pipa menggunakan simulasi CFD dan mensimulasikan nya dan hasil yang diperoleh bahwa kerusakan pada pipa elbow di akibatkan oleh kecepatan aliran yang tinggi yang membentur bagian outer elbow dan terbukti mengurangi kecepatan aliran berlebih pada bagian terdampak erosi. Dari hasil penelitian peletakan vortex generator yang lebih bagus jika di tempatkan pada jarak 0.1 R dari inlet elbow atau 375 mm dari inlet pipa.

Kata Kunci : *Sistem Perpipaan, Korosi erosi, Vortex Generator, Computational Fluid Dynamic(CFD)*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**FLUID ANALYSIS ON ELBOW PIPE DUE TO ADDITION OF VORTEX
GENERATOR BASED ON DIFFERENT PARAMETER D/Re
(Diameter/Reynold)**

Name : Ahmad Ridha
NRP : 04211645000012
Departement : Marine Engineering
Supervisor I : Ir.Tony Bambang Musriyadi,PDG.MMT
Supervisor II : Irfan Syarief S.T.,M.T

ABSTRAK

The requirement for piping systems tends to increase as a transport medium for fluid displacement on ships. In this piping system, most types of pipe materials used are metal types. However, in susceptible corrosion-resistant metals that can cause failure or damage to the piping system, one of them is erosion corrosion. Corrosion erosion is one of the most frequent damage to the piping system due to the relative movement of corrosive liquids to metal surfaces. The relatively high fluid velocity and holding of particles will cause the erosion and the relatively slow fluid velocity will cause corrosion. Only at certain speeds of erosion corrosion can occur. In this research the problem solving with the addition of vortex generator or jamming flow system is mounted on the installation of the pipe using CFD simulation and simulate it and the result is found that the damage to the elbow pipe is caused by the high flow rate that hit the outside elbow and proven to reduce the excessive flow rate in the affected by erosion. From the results of studies of a better vortex polisher when found at a distance of 0.1 R from an elbow inlet or 375 mm from the inlet pipe.

Keyword: *Piping System Erosion corrotion, Vortex Generator, Compuattional Fluid Dynamic(CFD)*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan tepat waktu yang berjudul **“Analisa Fluida Pada Elbow Pipa Akibat Penambahan Vortex Generator Berdasarkan Perbedaan Parameter(Diameter/Reynold)”**. Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Bidang Studi *Marine Manufacture and Design (MMD)* Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Pada kesempatan kali ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Kedua orang tua penulis (Syafri dal dan Yufizar lasmi) juga saudara/I tersayang, Fadilla H S, M. Hasby Assiddieqy, Ahmad Afif Furqani atas doa, perhatian, dukungan moral, dan materi yang diberikan kepada penulis tanpa henti sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT., selaku dosen pembimbing pertama atas semua pelajaran baik berupa kritik, saran, moral, solusi, dan inspirasi yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menggali hal-hal baru untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Bapak Irfan Syarief, ST., MT., selaku dosen pembimbing kedua sekaligus ketua laboratorium *MMD* atas pemberian masukan, solusi, waktu dan tempat pengerjaan kepada penulis ketika penulis mengalami kesulitan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
5. Teman seperjuangan Tugas Akhir 2018 terutama teman-teman LJ Gasal Periode 2016 (Adrian, Yafi, Maful, Fauzi, Yandi, Bayu, Riri, Anton, Ekky, Ridho, dan Satryo) serta seluruh teman-teman seperjuangan Siskal Reguler dan *Double Degree* Angkatan 2013 dan 2014.
6. Teman seperjuangan angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan kepada penulis untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Kawan-kawan penghuni Kos Semampir Timur IV, Surabaya.
9. Dan seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penulisan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangatlah penulis harapkan untuk lebih baik dan sempurnanya Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan sebagai tambahan informasi serta wacana-wacana bagi semua pihak yang membutuhkan sehingga dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi semua pihak yang berkepentingan dalam topik Tugas Akhir ini.

Surabaya, 13 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	ix
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Pengertian Sistem Instalasi Perpipaan	3
2.2 Vortex Generator	4
2.3 Jenis Fitting	4
2.4 Pengertian Korosi Erosi.....	8
2.5 Proses Pembentukan Korosi Erosi	9
2.6 Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Korosi Erosi.....	9
2.7 Hukum Bernoulli	11
2.8 Reynold Number.....	12
2.9 Computational Fluid Dynamic (CFD	13
2.10 NUMECA (CFD)	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Diagram Alur Metodologi Penelitian	15
3.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah	16
3.3 Studi Literatur.....	16
3.4 Pengumpulan Data	16
3.5 Penggambaran Model.....	18
3.5.1 Model Sistem Standart Pertama.....	18
3.5.2 Model Sistem Modifikasi 1	19
3.5.3 Model Sistem Standart Kedua	21
3.5.4 Model Sistem Modifikasi 2	22
3.6 Simulasi.....	23
3.6.1 Pengolahan Model Pada NUMECA Fine Open	23
3.6.2 Simulasi CFD NUMECA Fine Open 6.2	29
3.7 Analisa Data Percobaan.....	35
3.8 Pemecahan Masalah	35
3.9 Kesimpulan.....	36
BAB IV ANALISA DATA DAN PEBAHASAN	37
4.1 Hasil Simulasi Model Pertama Pipa Standart.....	37
4.2 Hasil Simulasi Model Kedua Pipa Standart	44
4.3 Pemecahan Masalah	51
4.3.1 Hasil modifikasi model standart pertama	51

4.3.2 Hasil modifikasi model standart kedua.....	58
BAB V PENUTUP	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Sistem perpipaan	3
Gambar 2 Vortex generator	4
Gambar 3 Fitting elbow	5
Gambar 4 Fitting tee	5
Gambar 5 Fitting cap	6
Gambar 6 Fitting wyes	6
Gambar 7 Fitting socket	7
Gambar 8 Fitting reducing socket	7
Gambar 9 Fitting ferrule	8
Gambar 10 Potongan pipa stainless steel yang mengalami pitting	9
Gambar 11 Bentuk kerusakan horseshoe akibat kecepatan fluida yang tinggi	10
Gambar 12 Grafik pengaruh kecepatan terhadap mass loss	10
Gambar 13 Aliran laminar	12
Gambar 14 Aliran turbulen	12
Gambar 15 Alur penelitian pengerjaan tugas akhir	15
Gambar 16 Elbow pada sistem kondensor air conditioner	17
Gambar 17 Model pipa standart	19
Gambar 18 Model Vortex Generator	19
Gambar 19 Pemasangan Vortex Generator pada pipa	20
Gambar 20 Pemasangan vortex generator pada posisi 0.375 mm dari inlet pipa	21
Gambar 21 Model sistem standart kedua	22
Gambar 22 Pemasangan vortec generator pada posisi 0.1 R dari radius elbow	22
Gambar 23 Import pada hexpress 6.2	24
Gambar 24 Pembentukan domain	25
Gambar 25 Proses mesh generation	25
Gambar 26 Konfigurasi Initial Mesh	26
Gambar 27 Konfigurasi Adapt to Geometry	26
Gambar 28 Konfigurasi Snap to Geometry	27
Gambar 29 Konfigurasi Optimisasi	27
Gambar 30 Konfigurasi Viscous Layers	28
Gambar 31 Hasil mesh generation pada model	28
Gambar 32 Batasan pada model	29
Gambar 33 Konfigurasi General Properties	31
Gambar 34 Konfigurasi Fluid Model	32
Gambar 35 Konfigurasi Flow Model	33
Gambar 36 Konfigurasi Boundary Condition	33
Gambar 37 Konfigurasi Initial Solution	34
Gambar 38 Konfigurasi Control Variables dan Output	34
Gambar 39 Konfigurasi Kondisi massflow pada posisi inlet dan outlet	35
Gambar 40 Kondisi massflow pada posisi inlet dan outlet	35
Gambar 41 Hasil simulasi kecepatan aliran pada model pipa standart pertama dengan gaya gravitasi pada Re 250000	37

Gambar 42 Hasil simulasi kecepatan aliran pada model pipa standart pertama tanpa gaya gravitasi pada Re 250000	37
Gambar 43 Kontur aliran spesifik pada model pipa standart pertama dengan gaya gravitasi pada Re 250000.....	38
Gambar 44 Kontur aliran spesifik pada model pipa standart pertama tanpa gaya gravitasi pada Re 250000.....	38
Gambar 45 Vektor kecepatan aliran pada sisi pipa lurus dengan gaya gravitasi pada Re 250000	39
Gambar 46 Vektor kecepatan aliran pada sisi pipa lurus tanpa gaya gravitasi pada Re 250000	39
Gambar 47 Perbandingan Kecepatan dan tekanan pada pipa lurus dengan gaya gravitasi pada Re 250000.....	40
Gambar 48 Perbandingan Kecepatan dan tekanan pada pipa lurus tanpa gaya gravitasi pada Re 250000.....	40
Gambar 49 Vektor kecepatan gesekan pada sisi pipa lurus dengan gaya gravitasi pada Re 250000	41
Gambar 50 Vektor kecepatan gesekan pada sisi pipa lurus dengan gaya gravitasi pada Re 250000	41
Gambar 51 Hasil simulasi kecepatan aliran pada model pipa standart kedua dengan gaya gravitasi pada Re 250000	44
Gambar 52 Hasil simulasi kecepatan aliran pada model pipa standart kedua tanpa gaya gravitasi pada Re 250000	44
Gambar 53 Kontur aliran spesifik pada model pipa standart kedua dengan gaya gravitasi pada Re 250000.....	45
Gambar 54 Kontur aliran spesifik pada model pipa standart kedua tanpa gaya gravitasi pada Re 250000.....	45
Gambar 55 Vektor kecepatan aliran pada sisi pipa lurus dengan gaya gravitasi pada Re 250000	46
Gambar 56 Vektor kecepatan aliran pada sisi pipa lurus tanpa gaya gravitasi pada Re 250000	46
Gambar 57 Perbandingan Kecepatan dan tekanan pada pipa elbow dengan gaya gravitasi pada Re 250000.....	47
Gambar 58 Perbandingan Kecepatan dan tekanan pada pipa elbow tanpa gaya gravitasi pada Re 250000.....	47
Gambar 59 Vektor kecepatan gesekan pada sisi pipa elbow dengan gaya gravitasi pada Re 250000	48
Gambar 60 Vektor kecepatan gesekan pada sisi pipa elbow dengan gaya gravitasi pada Re 250000	48
Gambar 61 Hasil Simulasi kecepatan aliran pada model dengan penambahan vortex generator pada posisi inlet 375 mm dari inlet dengan gaya gravitasi pada Re 250000	51
Gambar 62 Hasil Simulasi kecepatan aliran pada model dengan penambahan vortex generator pada posisi inlet 375 mm dari inlet tanpa gaya gravitasi pada Re 250000	51

Gambar 63 Hasil Simulasi kecepatan aliran pada model dengan penambahan vortex generator pada posisi inlet 375 mm dari inlet dengan gaya gravitasi pada Re 250000	52
Gambar 64 Hasil simulasi kecepatan aliran spesifik pada model dengan penambahan vortex generator pada posisi 375 dari inlet tanpa gaya gravitasi pada Re 250000.....	52
Gambar 65 Kontur vector pada bagian inner dan outer pipa lurus dengan gaya gravitasi pada Re 250000.....	53
Gambar 66 Kontur vector pada bagian inner dan outer pipa lurus tanpa gaya gravitasi pada Re 250000	53
Gambar 67 Kontur vector pada bagian inner dan outer pipa lurus dengan gaya gravitasi pada Re 250000.....	54
Gambar 68 Kontur vector pada bagian inner dan outer pipa lurus tanpa gaya gravitasi pada Re 250000	54
Gambar 69 Perbandingan kecepatan aliran dan tekanan pada modifikasi model pertama dengan gaya gravitasi pada Re 250000	55
Gambar 70 Perbandingan kecepatan aliran dan tekanan pada modifikasi model pertama tanpa gaya gravitasi pada Re 250000	55
Gambar 71 Hasil simulasi kecepatan aliran pada model dengan penambahan vortex generator pada posisi inlet 0.1R elbow dengan gaya gravitasi pada Re 250000.....	58
Gambar 72 Hasil simulasi kecepatan aliran pada model dengan penambahan vortex generator pada posisi inlet 0.1R elbow tanpa gaya gravitasi pada Re 250000.....	58
Gambar 73 Hasil simulasi kecepatan aliran spesifik pada model dengan penambahan vortex generator pada posisi inlet 0.1R elbow dengan gaya gravitasi pada Re 250000.....	59
Gambar 74 Hasil simulasi kecepatan aliran spesifik pada model dengan penambahan vortex generator pada posisi inlet 0.1R elbow tanpa gaya gravitasi pada Re 250000.....	59
Gambar 75 Kontur vektor pada bagian inner dan outer elbow dengan gaya gravitasi pada Re 250000	60
Gambar 76 Kontur vektor pada bagian inner dan outer elbow dengan gaya gravitasi pada Re 250000	60
Gambar 77 Kontur vektor pada bagian inner dan outer elbow tanpa gaya gravitasi pada Re 250000	61
Gambar 78 Kontur vektor pada bagian inner dan outer elbow tanpa gaya gravitasi pada Re 250000	61
Gambar 79 Perbandingan kecepatan aliran dan tekanan pada modifikasi model kedua dengan gaya gravitasi pada Re 250000.....	62
Gambar 80 Perbandingan kecepatan aliran dan tekanan pada modifikasi model kedua tanpa gaya gravitasi pada Re 250000.....	62
Gambar 81 Kecepatan aliran pada model pipa lurus dengan gaya gravitasi pada Re 250000.....	66
Gambar 82 Kecepatan aliran pada model pipa lurus tanpa gaya gravitasi pada Re 250000.....	67

Gambar 83 Kecepatan aliran pada model pipa elbow dengan gaya gravitasi pada Re 250000	68
--	----

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Spesifikasi pipa	17
Tabel 2 Data pompa pendingin kondensor.....	18
Tabel 3 Perencanaan pemodelan pipa	18
Tabel 4 Data karakteristik kondisi model 1.....	30
Tabel 5 Data karakteristik kondisi model 2.....	30
Tabel 6 Data variasi kecepatan berdasarkan Reynold Number kondisi model 1	30
Tabel 7 Data variasi kecepatan berdasarkan Reynold Number kondisi model 2.....	31
Tabel 8 Data simulasi variasi model standart pertama dengan menggunakan gaya gravitasi.....	42
Tabel 9 Data simulasi variasi model standart pertama tanpa menggunakan gaya gravitasi.....	42
Tabel 10 Data simulasi variasi model standart kedua dengan menggunakan gaya gravitasi.....	49
Tabel 11 Data simulasi variasi model standart kedua tanpa menggunakan gaya gravitasi.....	49
Tabel 12 Data simulasi variasi model standart pertama dengan menggunakan gaya gravitasi.....	56
Tabel 13 Data simulasi variasi model standart pertama tanpa menggunakan gaya gravitasi.....	56
Tabel 14 Data simulasi variasi model standart kedua dengan menggunakan gaya gravitasi.....	63
Tabel 15 Data simulasi variasi model standart kedua tanpa menggunakan gaya gravitasi.....	63

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1 Data hasil simulasi model standart pertama dengan menggunakan gaya grafitasi	43
Grafik 2 Data hasil simulasi model standart pertama tanpa menggunakan gaya grafitasi	43
Grafik 3 Data hasil simulasi model standart pertama dengan menggunakan gaya grafitasi	50
Grafik 4 Data hasil simulasi model standart pertama tanpa menggunakan gaya grafitasi	50
Grafik 5 Data hasil simulasi model standart pertama dengan menggunakan gaya grafitasi	57
Grafik 6 Data hasil simulasi model standart pertama tanpa menggunakan gaya grafitasi	57
Grafik 7 Data hasil simulasi model standart pertama dengan menggunakan gaya grafitasi	64
Grafik 8 Data hasil simulasi model standart pertama dengan menggunakan gaya grafitasi socket	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan akan sistem perpipaan cenderung semakin meningkat sebagai media transportasi pemindahan fluida dan merupakan sistem yang kompleks terutama di kapal untuk perencanaan dan pembangunannya. Sistem perpipaan merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mengantarkan atau mengalirkan suatu fluida dari tempat yang lebih rendah ke tujuan yang diinginkan dengan bantuan mesin atau pompa. Sistem perpipaan merupakan sistem yang di desain se-efektif dan se-efisien mungkin di dalam kapal untuk memenuhi kebutuhan kapal, crew, muatan dan menjaga keamanan kapal baik saat kapal berjalan atau bersandar, misalnya pipa yang digunakan untuk memindahkan minyak dari tangki ke mesin, memindahkan dan mentranfer air untuk keperluan pendinginan mesin ataupun kebutuhan sehari-hari di atas kapal.

Sistem instalasi perpipaan di dalam kapal biasanya menggunakan fitting atau penambahan aksesoris instalasi lebih agar fluida yang dialirkan dapat mencapai tujuan yang diinginkan dengan tempat yang terbatas dan instalasi perpipaan juga harus sesuai dengan peraturan dan klasifikasi maupun dari spesifikasi installation guide dari sistem pendukung permesinan supaya instalasi perpipaan dapat berjalan seefisien mungkin.

Aksesoris atau fitting berfungsi untuk merubah aliran, menyebarkan aliran, membesar atau mengecilkan aliran sesuai dengan jenis fitting itu sendiri terutama fitting elbow, fitting elbow merupakan komponen pemipaan yang berfungsi untuk membelokkan arah aliran di dalam pipa. Kerusakan yang sering terjadi pada fitting elbow tersebut di sebabkan karna adanya kecepatan aliran yang berlebihan dan tidak menentu yang mengenai dinding fitting elbow. Hal ini sering kita kenal dengan fenomena korosi erosi atau korosi yang diakibatkan aliran fluida yang sangat cepat yang mengenai dinding elbow.

Dalam skripsi ini mengangkat tentang permasalahan penyebab terjadi nya kerusakan yang terjadi di elbow dan perubahan aliran dengan penambahan vortek generator dapat pengurangi aliran yang terlalu cepat bergesekan dengan dinding elbow supaya tidak terjadi nya turbulensi dengan perbedaan parameter D/Re pada pipa.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas, rumusan masalah yang akan digunakan penulis pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Apa yang menyebabkan sering terjadi nya kerusakan pada fitting elbow pada instalasi perpipaan?
2. Bagaimana cara mengatasi kerusakan pada fitting elbow akibat aliran yang terlalu cepat pada sistem tersebut?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir yang akan dicapai oleh penulis adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui bagaimana perubahan bentuk aliran di dalam pipa setelah penambahan vortex generator berdasarkan perbedaan D/Re .
2. Mengetahui perubahan bentuk aliran fluida secara gravitasi dan tanpa gravitasi dengan penambahan vortex generator.
3. Mengetahui hasil yang optimum karena pemasangan vortex generator pada elbow pipa dengan variasi D/Re

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Penelitian hanya sebatas fitting *elbow* yang pada sistem instalasi perpipaan.
2. Peletakan Vortex Generator pada 375 mm dari inlet pipa.
3. Simulasi dilakukan dengan menggunakan software Numeca Fine Open.
4. Simulasi pada software Numeca Fine Open menggunakan fluida sea water/air laut

1.5. Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini yaitu dapat mengurangi kerusakan dan perubahan bentuk aliran pada dinding elbow pada sistem instalasi perpipaan akibat aliran yang cepat atau mengurangi terjadinya korosi erosi yang cepat dengan adanya penambahan vortex generator dengan variasi D/Re .

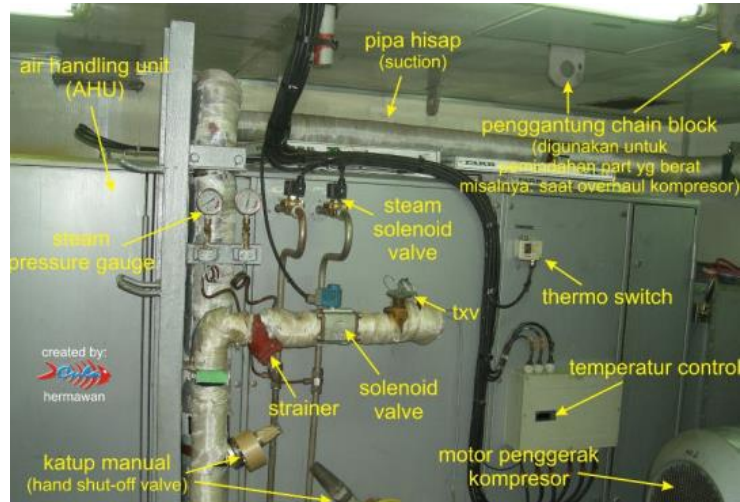
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sistem Instalasi Perpipaan

Pipa adalah suatu batang silinder berongga yang dapat berfungsi untuk melalui atau mengalirkan zat cair, uap, gas ataupun zat padat yang dapat dialirkan yang berjenis serbuk/tepung. Untuk pembuatan pipa baja dapat dibuat dengan beberapa metode antara lain semless pipe, butt melled pipe dan spiral welded pipe. Pembuatan pipa disesuaikan dengan kebutuhan dan di bedakan dari batas kekuatan, ketebalan dinding pipa, temperature zat yang mengalir, jenis material berkaitan dengan korosi dan kekuatan pipa tersebut.

Untuk instalasi pipa dikapal tentu pipa-pipa tersebut tidak hanya hanya pipa lurus melainkan terdapat belekon, cabang, mengecel, naik dan turun. Panjang dari pipa pun beraneka ragam yang panjang ataupun pendek. Berkaitan dengan hal tersebut maka kita juga mengenal beberapa jenis sambungan dengan las (butt welded) dan sambungan dengan menggunakan flange selain itu di kenal juga istilah belokan atau elbow, cabang T atau tee, cabang Y dan ad juga pipa yang diameter mengecil disebut dengan reducer dan sesuai dengan atau mengikuti peraturan klasifikasi dari badan klasifikasi. ^[2]



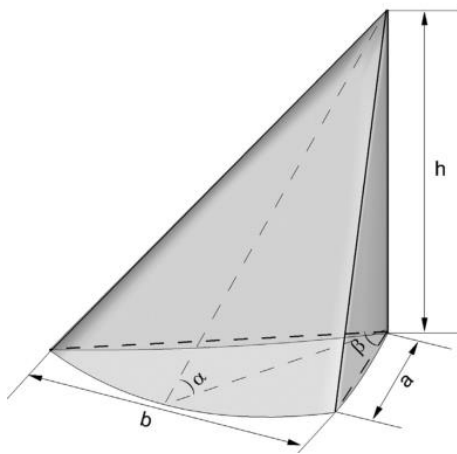
Gambar 1. Sistem Perpipaan

(Sumber : Alamsyah4tjeh Blog)

2.2 Vortex Generator

Vortex generator adalah permukaan aerodinamis yang terdiri dari baling baling kecil yang menciptakan vortex dan biasa di gunakan pada desain pesawat. Vortex generator melambatkan aliran pemisahan dan mengulur-ulur aerodinamis, dengan demikian meningkatkan efektifitas sayap dan control permukaan.

Vortex generator tersebut di implemetasikan atau diterapkan di dalam sistem perpipaan terutama pada elbow pipa dengan tujuan aliran fluida yang sangat cepat mengalir di dalam pipa dan membentur dinding elbow dapat berkurang atau melambat supaya mengurangi korosi erosi pada pipa.



Gambar 2. Vortex Generator.

2.3 Jenis Fitting (Aksesoris)

2.3.1. Fitting Elbow

Elbow adalah jenis fitting yang pertama, elbow merupakan komponen pemipaan yang berfungsi untuk membelokkan arah aliran. Layaknya tikungan kalau kita sedang berada di jalan, tikungan tersebut mau tidak mau membuat kita berbelok arah ketika melaluinya, begitu pula elbow yang bertugas untuk membelokkan aliran fluida. Elbow terdiri dari dua jenis yang paling umum yaitu 45 dan 90 derajat. Untuk memperoleh sudut di selain sudut diatas, terkadang elbow tersebut di potong. Atau bisa juga dengan menggunakan dua elbow yang disatukan untuk memperoleh sudut tertentu. elbow dibagi menjadi dua tipe, tipe short radius dan long radius. Namun umumnya digunakan long radius, yang memiliki diameter belokan 1.5 kali NPS (nominal Pipe size)nya. Ada pula yang sampai dengan 3D atau bahkan 6D, yang biasa digunakan untuk flare.



Gambar 3. Fitting Elbow

(Sumber : <https://www.amazon.com>)

2.3.2. Fitting Tee

Pipa Tee adalah pipa yang terbentuk T memiliki dua outlet untuk sambungan ke jalur utama. Pipa Tee digunakan untuk menghubungkan saluran dengan pipa dengan pipa dengan sudut 90 derajat. Pipa Tee secara luas digunakan dalam jaringan pipa untuk transportasi fluida dua fasa campuran.



Gambar 4. Fitting Tee

(Sumber : <https://fittinghdpeblog.wordpress.com>)

2.3.3. Fitting Cap

Pipa cap berfungsi sebagai alat pelindung dan dirancang melindungi ujung-ujung pipa berbagai bentuk. Tujuan utama menggunakan pipa cap adalah penghubung yang tahan air. Dan juga digunakan untuk menutup ujung pipa hidrolik atau pneumatik dan tabung. Pipa cap digunakan dalam pipa domestik, komersial dan industri jalur pasokan air, mesin dan peralatan pengolahan.



Gambar 5. Fitting Cap

(Sumber : <https://www.amazon.com>)

2.3.4, Fitting Wyes

Wyes pipa digunakan untuk menyambungkan satu pipa dengan pipa lain dalam beberapa derajat. Jenis pipa ini adalah jenis pipa yang populer yang digunakan dalam aplikasi industri dan perkapalan



Gambar 7. Fitting Wyes

(Sumber : <https://www.lowes.com>)

2.3.5. Fitting Socket (Coupling)

Fungsi dari socket ini adalah untuk membantu melakukan penyambungan 2 buah pipa yang berdiameter dengan ukuran diameter dalam satu ID



Gambar 6. Fitting Socket

(Sumber : <https://www.indiamart.com>)

2.2.6.Reducing Socket(Pipa Peredam)

Fungsi dari reducing socket ini untuk melakukan penyambungan 2 (dua) buah pipa yang diameternya berbeda.Pipa peredam biasa digunakan dalam lingkungan kimia dan listrik .Pipa ini sangat kokoh dan handal dan tidak terpengaruh oleh goncangan,getaran dan distorsi teral



Gambar 8. Fitting Reducing Socket

(Sumber : <https://www.indiamart.com>)

2.3.7.Ferrule Pipe

Pipa ferrule adalah jenis pipa yang digunakan untuk menggabungkan atau satu bagian dengan bagian yang lain yang terdiri dari sebuah lingkaran penjepit yang di pasang pada suatu untuk melindungi terhadap kerusakan.Pipa ferrule juga cocok digunakan untuk menyambung pipa-pipa.Pipa ferrule tersedia dalam berbagai ukuran yang dirancang sedemikian rupa sehingga mereka memiliki proses pengerasan khusus yang dapat mencegah kebocoran tabung pada tekanan yang lebih tinggi. ^[10]



Gambar 9. Fitting Ferrule

(Sumber : <https://www.indiamart.com>)

2.4 Pengertian Korosi Erosi

Korosi erosi adalah korosi yang terjadi pada permukaan logam yang disebabkan aliran fluida yang sangat cepat sehingga merusak permukaan logam dan lapisan film pelindung. Korosi erosi juga dapat terjadi karena efek-efek mekanik yang terjadi pada permukaan logam, misalnya: pengausan, abrasi dan gesekan. Logam yang mengalami korosi erosi akan menimbulkan bagian-bagian yang kasar dan tajam.

Kausan adalah penguraian ketebalan permukaan akibat gesekan yang terjadi pada pembebanan dan gerakan. Kausan umumnya dianalogikan sebagai hilangnya materi sebagai akibat interaksi mekanik dua permukaan yang bergerak slidding dan dibebani. Ini merupakan fenomena normal yang terjadi jika dua permukaan saling bergesekan, maka akan ada keausan atau perpindahan yang terjadi antara dua benda yang bergesekan.

Korosi erosi merupakan jenis korosi yang menggunakan proses mekanik melalui pergerakan relatif antara aliran gas atau cairan korosif dengan logam. Dalam hal ini kerusakan karena erosi dan korosi saling mendukung. Logam yang telah terkena erosi akibat terjadi keausan dan menimbulkan bagian-bagian yang tajam dan kasar. Bagian-bagian inilah yang mudah terserang korosi dan bila ada gesekan akan menimbulkan abrasi lebih berat lagi dan seterusnya. Korosi erosi dapat juga disebabkan karena impingment corrosion, yaitu akibat fluida sangat deras dan dapat mengikis film pelindung pada logam yang mengakibatkan korosi pada logam. Korosi erosi dapat ditemukan pada sistem perpipaan (terutama pada bend, elbow, dan joint), valve, pompa, nozzle, heat exchangers, turbine blades dll. ^[2]

2.5 Proses Pembentukan Korosi Erosi

Proses terjadinya korosi erosi secara umum adalah melalui beberapa tahap berikut :

1. Pada tahap pertama terjadi serangan oleh aliran yang sangat deras yang nantinya akan berakibat pada mengikisnya lapisan pelindung logam.
2. Pada tahap kedua akan timbul bagian bagian yang kasar pada permukaan logam.
3. Pada tahap ketiga, laju korosi semakin meningkat, karena lapisan pelindung telah hilang. Logam yang berada di bawah lapisan pelindung mulai terkorosi, sehingga membentuk cekungan, kemudian terjadi pembentukan kembali lapisan pelindung dan logam menjadi tidak rata. Bila aliran terus mengalir, maka akan terjadi serangan kembali oleh gelembung udara yang terbawa aliran. Serangan ini akan mengikis dan merusak lapisan pelindung yang baru saja terbentuk, rusaknya lapisan pelindung tersebut akan mengakibatkan serangan lebih lanjut pada logam yang lebih dalam sampai membentuk cekungan.^[2]

2.6 Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Korosi Erosi

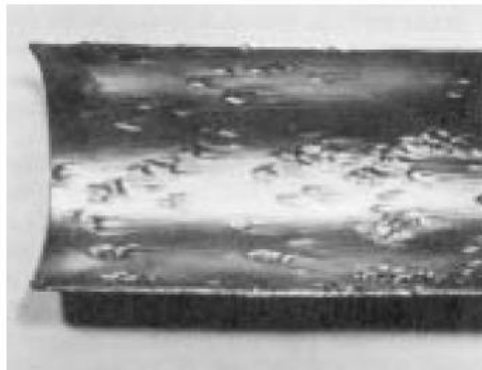
Kecepatan fluida sangat berpengaruh pada peristiwa erosi-korosi. Pada saat fluida diam atau kecepatan fluida sangat lambat, proses korosi akan sangat dominan. Peristiwa erosi-korosi amat ditentukan oleh kecepatan fluida, Korosi akan lebih dominan jika kecepatan fluida amat lambat, hal ini dikarenakan oleh lamanya waktu kontak, jika kecepatan fluida amat tinggi maka erosi lah yang akan lebih dominan.

Besarnya kecepatan fluida sangat berpengaruh terhadap bentuk kerusakan yang terjadi pada benda kerja. Pada kecepatan yang relatif rendah akan menyebabkan terjadinya korosi yang berbentuk *pitting*.^[6]



Gambar 10. Potongan pipa stainless steel yang mengalami pitting
(Sumber: <http://m10mechanicalengineering.blogspot.co.id>)

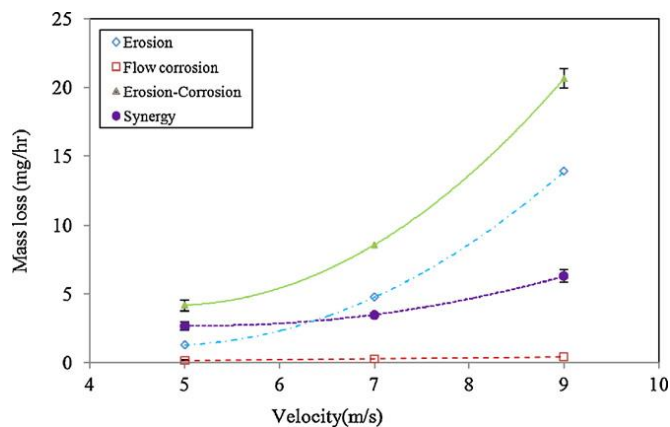
Sedangkan pada kecepatan tinggi, bentuk kerusakan yang terjadi pada permukaan bagian dalam pipa akan membentuk kerusakan *horseshoe*.



Gambar 11. Bentuk kerusakan horseshoe akibat kecepatan fluida yang tinggi
(Sumber: <http://m10mechanicalengineering.blogspot.co.id>)

Kecepatan kritis merupakan batas kecepatan dari suatu material mengalami kerusakan lapisan pelindung yang akan mempermudah terjadinya korosi merupakan critical velocity untuk beberapa material.

Kecepatan kritis ditentukan oleh media fluida, partikel dan sifat logamnya. Penelitian yang dilakukan oleh S.S. Raharjam, T.J. Harvey, R.J.K. Wood dengan melakukan pengujian untuk UNS S31603 didapatkan adanya peningkatan weight loss yang dialami oleh benda kerja dengan peningkatan kecepatan setelah 5 m/s. ^[6]



Gambar 12. Pengaruh kecepatan terhadap mass loss
(<http://m10mechanicalengineering.blogspot.co.id>)

Gambar tersebut juga menunjukkan hasil yang diperoleh untuk total erosi-korosi (T) dan komponen-komponennya (E, C dan S). Semua komponen termasuk erosi, aliran korosi, sinergi dan erosi-korosi meningkat seiring dengan kecepatan fluida meningkat. ^[6]

2.7 Hukum Bernoulli

Persamaan Bernoulli menyatakan bahwa sejumlah tekanan, energy kinetic persatuan volum selalu bernilai sama dengan setiap titik sepanjang garis lurus. Hukum Bernoulli untuk fluida yang mengalir pada suatu tempat maka jumlah usaha, energy kinetic, energy potensial fluida persatuan volume fluida tersebut mempunyai nilai yang tetap pada setiap titik. Jadi jumlah dari tekanan, energy kinetic persatuan volume, dan energy potensial persatuan volume mempunyai nilai yang sama pada setiap titik sepanjang suatu garis arus

Persamaan Bernoulli adalah :

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{tetap} \quad \dots\dots\dots(2-1)$$

Persamaan Bernoulli :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2 \dots\dots\dots(2-2)$$

Keterangan :

P_1 : tekanan pada ujung 1 (Pa)

P_2 : tekanan pada ujung 2 (Pa)

v_1 : kecepatan fluida pada ujung 1 (m/s)

v_2 : kecepatan fluida pada ujung 2 (m/s)

h_1 : tinggi ujung 1 (m)

h_2 : tinggi ujung 2 (m)

Selama fluida mengalir melalui saluran pipa, total energy akan berkurang searah dengan arah aliran. Hilangnya energy secara umum ada dua tipe yang bisa disebut friction losses dan minor losses. Friction losses dan minor losses dapat direpresentasikan dalam bentuk “heads” dalam satuan meter atau feet. Sesuai dengan penjelasan diatas maka pengaruh head loss terhadap hukum kesetimbangan energy dapat di modifikasi menurut persamaan berikut ini.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + HL \quad \dots\dots\dots(2-3)$$

Dimana :

HL = Head loss (m)/(feet)

2.8 Reynold Number

Angka Reynold ialah sebuah nilai yang dapat digunakan untuk mengetahui jenis aliran fluida, apakah termasuk jenis aliran laminar ataukah aliran turbulen. Harga Reynold Number dinyatakan dengan :

$$Re = \frac{\rho V \times D}{\mu} \dots\dots\dots(2-4)$$

Dimana :

Re : Reynold Number

ρ : Density cairan

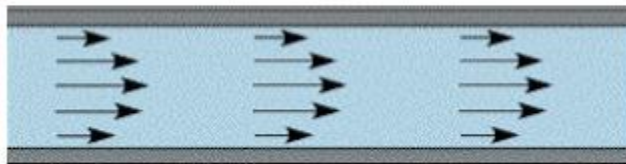
V : Kecepatan Aliran fluida (m/s)

D : Diameter pipa (m)

μ : Viskositas absolut fluida (m²/s)

Aliran fluida ini dikategorikan menjadi : Aliran laminar ialah suatu kondisi aliran dimana partikel-partikel fluidanya bergerak disepanjang lintasan lurus, sejajar dalam lapisan-lapisan atau laminar. Besarnya kecepatan dari laminar yang berdekatan tidak sama.

- Aliran laminar untuk $Re < 2300$
merupakan aliran yang arah alirannya teratur



Gambar 13. Aliran Laminar

<http://arandityonarutomo.blogspot.com>

Sedangkan pengertian aliran turbulen ialah suatu kondisi aliran dimana partikel-partikel fluida yang bergerak dalam lintasan yang sangat tidak teratur sehingga mengakibatkan pertukaran momentum dari suatu bagian fluida ke bagian yang lain secara acak.

- Aliran turbulen untuk $Re > 4000$
merupakan aliran yang arah alirannya tidak teratur



Gambar 14. Aliran Turbulen

<http://arandityonarutomo.blogspot.com>

- Daerah transisi (aliran transisi) untuk $Re = 2300 - 4000$
Pada daerah transisi ini aliran dapat bersifat laminar atau turbulen tergantung pada kondisi pipa dan aliran.

2.9 Computational Fluid Dynamic (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas (Widayatno, Utama KAP, 2011). Ada beberapa keuntungan dari penggunaan metode CFD yaitu:

1. Menekan biaya dan waktu dalam mendesain suatu produk, jika proses desain tersebut dilakukan dengan uji eksperimen dengan akurasi tinggi.
2. Mempunyai kemampuan sistem studi yang dapat mengendalikan percobaan yang sulit atau tidak mungkin dilakukan melalui eksperimen.
3. Mempunyai kemampuan untuk sistem studi di bawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan skenario kecelakaan).

Code Computational Fluid Dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

1. *Pre Processor*

Tahapan ini merupakan tahapan awal ketika akan melakukan proses simulasi. Pada tahap ini terdiri dari penggambaran model serta pembuatan mesh yang sesuai. Penggambaran model dapat dilakukan di luar software simulasi atau dapat juga melakukan penggambaran model pada software simulasi tersebut. Pada tugas akhir ini model berupa elbow akan dilakukan penggambaran dengan menggunakan software Solid Works. Setelah pemodelan telah dilakukan maka tahapan selanjutnya adalah melakukan proses mesh pada software Numeca Fine Open. Proses meshing bertujuan untuk membuat model agar terdiri dari beberapa susunan atau yang lazim disebut cell agar model dapat dijalankan dan dianalisa oleh solver Numeca Fine Open. Pada tahap meshing juga akan dilakukan penentuan batas batas model yang akan dilakukan pengujian.

2. *Solver Manager*

Merupakan tahapan utama dari simulasi dengan CFD, yaitu dengan melakukan literasi atau perhitungan terhadap kondisi-kondisi batas yang telah ditentukan dalam tahapan *preprocessing*. Dalam proses ini data-data mengenai karakteristik kondisi batas dan material atau jenis fluida yang digunakan dimasukkan ke dalam program.

3. *Post Processor*

Postprocessing adalah langkah terakhir dalam analisis CFD. Hal yang dilakukan pada langkah ini adalah mengolah dan menginterpretasi data hasil simulasi CFD yang bisa berupa data, gambar, grafik ataupun animasi.

2.10 NUMECA (CFD)

NUMECA merupakan merk dagang dari perusahaan internasional penyedia perangkat lunak pengolah CFD NUMECA International. NUMECA mempunyai produk untuk mengolah desain dan meshing serta solver untuk perangkat lunak pengolah CFD. Beberapa perangkat lunak tersebut akan digunakan pada pembuatan skripsi ini. Penelitian menggunakan NUMECA FINE OPEN 6.2 dengan lisensi student. Lisensi ini khusus untuk para peneliti dan civitas akademis. Data yang dihasilkan dari NUMECA student version tidak dapat digunakan untuk tujuan komersil namun hanya untuk tujuan penelitian dan pengembangan. NUMECA yang berlisensi ini akan ada tanda khusus dalam GUI begitu pula pada hasil simulasi akan ada tanda yang menampilkan bahwa hasil tersebut menggunakan NUMECA.

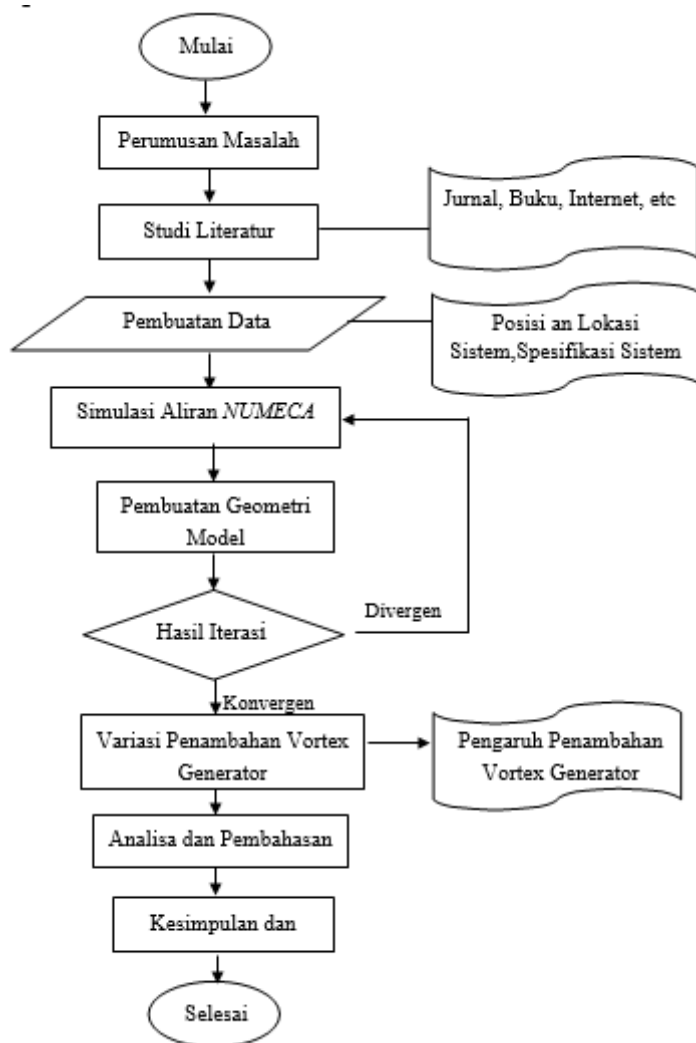
Program NUMECA CFD yang di gunakan disini adalah sebagai alat bantu pemodelan atas konfigurasi Fitting elbow yang akan dianalisa dan dilakukan modifikasi pemasangan vortex generator di dalam fitting elbow.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode berbasis simulasi, dimana akan dilakukan pengujian dengan menggunakan software sesuai spesifikasi dari sistem yang sudah ada yang kemudian hasil dari simulasi akan di gunakan sebagai acuan untuk pemecahan masalah yang ada. Metodologi penulisan skripsi ini mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan tugas akhir. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan sebagai berikut :

3.1 Diagram Alur Metodologi Penelitian



Gambar 15. Alur Penelitian Pengerjaan Tugas Akhir

3.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Dalam Skripsi ini rumusan masalah yang akan dibahas adalah mengenai analisa penambahan vortex generator pada pipa lurus dan pipa elbow berpengaruh terhadap pengurangan terjadinya peristiwa korosi erosi di dalam pipa dan perubahan bentuk aliran fluida terhadap gravitasi dan tanpa gravitasi. Analisa yang digunakan untuk simulasi lalu dilakukan penambahan vortex generator yang nantinya akan di uji menggunakan metode CFD. Dari perumusan masalah kemudian ditetapkan tujuan penelitian agar penelitian menjadi jelas dan terarah. Selanjutnya melakukan studi literature untuk mencari referensi serta penelitian terdahulu yang kemudian dapat dijadikan perbandingan mengenai gap yang ditemukan.

3.3 Studi Literatur

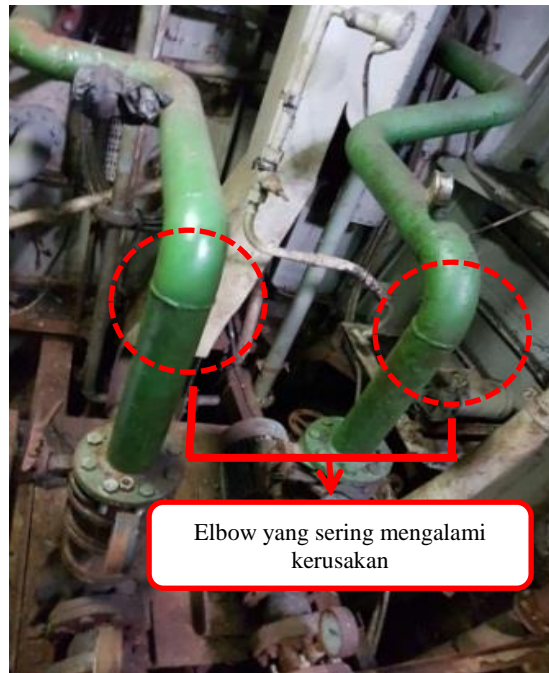
Tahap selanjutnya setelah mengetahui permasalahan yang didapat adalah studi literature. Tahap ini adalah tahap dimana yang harus dilakukan adalah mencari referensi permasalahan berikut solusi dan juga mempelajari sehingga dapat diimplementasikan dalam skripsi ini. Studi literature dalam pengerjaan skripsi yang bersumber dari:

- a. Buku
- b. Artikel
- c. Paper
- d. Tugas akhir
- e. Internet

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data-data pendukung untuk membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir adalah terkait spesifikasi dari sistem yang mengalami permasalahan seperti spesifikasi pompa, diameter pipa, diameter dan radius *elbow*, serta jarak pompa ke *elbow*.

Berdasarkan data yang telah diperoleh spesifikasi sistem pendingin kondensor yang mengalami kerusakan adalah terlampir dibawah ini.



Gambar 16. Elbow pada sistem kondensor air conditioner

merupakan *elbow* yang sering mengalami kerusakan yang telah dilakukan perbaikan. Letak permasalahan terletak pada sisi discharge pompa yang mau menuju kondensor atau dalam hal ini disebut CWU (*Chilled Water Unit*).

Spesifikasi teknis sistem pendingin akan disajikan pada tabel 3.1 dan tabel 3.2. Pada spesifikasi sistem yang telah terlampir akan di jelaskan terkait spesifikasi pompa pendingin, dimensi serta lokasi pipa.

Tabel 1. Spesifikasi pipa

Spesifikasi Pipa	
Nominal Pipe Size	2 ½ In
Diameter Luar	3 In (76.3mm)
Ketebalan Dinding	0.276 in (7.0 mm)
Diameter Dalam	62.3 mm
Schedule	80
(Standart JIS G 3456)	
Radius Elbow	114 mm
	(Standart ANSI B16.9)
Tinggi	500 mm

Tabel 2. Data pompa pendingin kondensor di kapal TNI AL

Spesifikasi Pompa	
Merk	SihiZLKCD 65-12
Kapasitas (lt/menit)	740
Kapasitas (m3/h)	44.4
Head (m)	Max 90
RPM	3600
Motor	
Merk	AEG Hamburg
	4.4 KW/380 V AC/
Daya	50 HZ

3.5 Penggambaran model

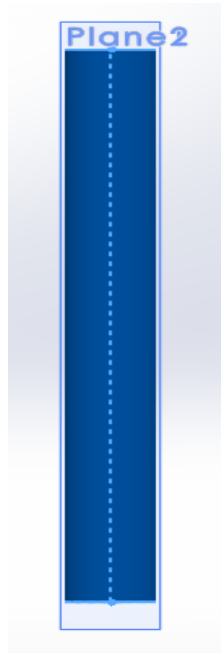
Sebelum memasuki tahap simulasi perlu dilakukan pemodelan benda uji yang akan dilakukan simulasi. Pemodelan kali ini akan dilakukan dengan menggunakan software Solid Works 2013. Model yang akan dilakukan simulasi pada tugas akhir ini terdiri dari tiga model. Model terdiri dari dua model standart dan 2 model yang telah dimodifikasi. Seluruh dimensi model mengacu pada dimensi sistem yang sudah ada.

Tabel 3. Perencanaan pemodel pipa

No	Model	Panjang	Diameter	Radius Pipa
1	Model Sistem Standart Pertama	500 mm	62.5 mm	-
2	Model Sistem Standar Modifikasi 1	500 mm	62.5 mm	-
3	Model Sistem Standart Kedua	735.5 mm	62.5 mm	144 mm
4	Model Sistem Standart Modifikasi 2	735.5 mm	62.5 mm	144 mm

3.5.1 Model Sistem Standart Pertama

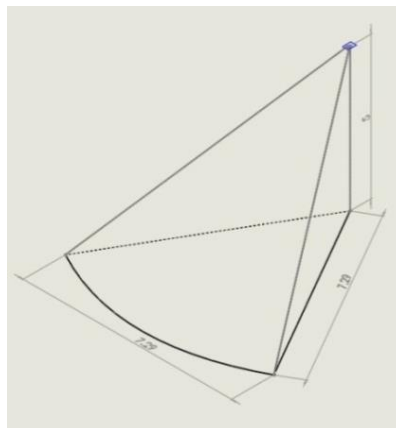
Model standart pertama adalah model yang tidak mengalami modifikasi pada bagian eksternal maupun internal model. Model ini dibuat dengan tujuan untuk mensimulasikan sistem pada kondisi normal untuk mengetahui penyebab permasalahan yang terjadi pada pipa lurus biasa dengan panjang 500 mm dan diameter dalam 62.3 mm.



Gambar 17. Model Pipa standart

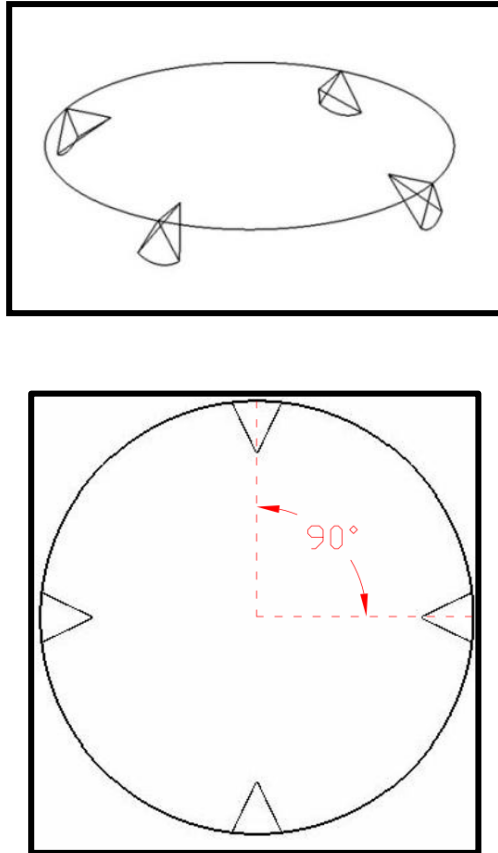
3.5.2 Model Sistem Standar Pertama Modifikasi 1

Model sistem dengan modifikasi yang pertama dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan pada model sistem standart. Modifikasi model yang dilakukan adalah dengan menambahkan alat pengacau aliran atau yang sering dikenal dengan *Vortex Generator (VG)*.

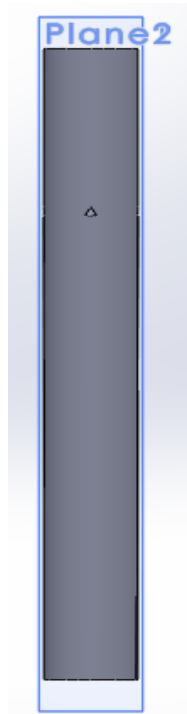


Gambar 18. Model Vortex Generator

Model dan dimensi *vortex generator* mengacu pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Lijun Wang yang juga mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Panaras, A.G.



Gambar 19. Pemasangan vortex generator pada pipa

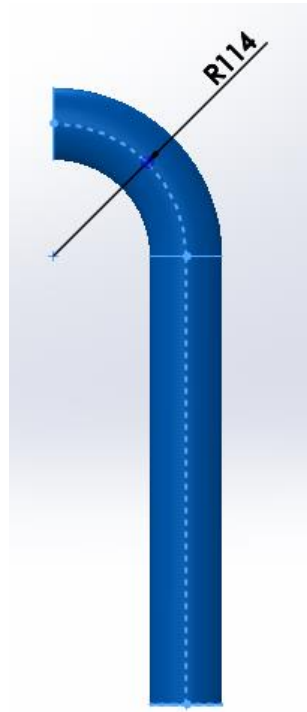


Gambar 20. Pemasangan vortex generator pada posisi 375 mm dari inlet atau section pipa

Penempatan *Vortex Generator* pada modifikasi yang pertama akan diletakkan pada posisi berjarak 375 mm dari titik inlet pipa yang di buat atau yang di modifikasi. Jumlah *vortex generator* yang terpasang pada sistem berjumlah empat buah *vortex generator* pada sekeliling diameter pipa yang terpisah masing masing pada sudut 90^0 .

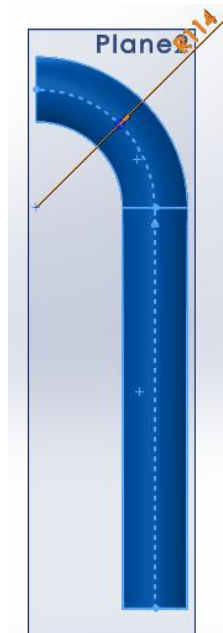
3.5.3 Model Sistem Standart Kedua

Model sitem standart yang ke 2 adalah model yang tidak mengalami modifikasi pada bagian eksternal maupun internal model. Model ini dibuat dengan tujuan untuk mensimulasikan sistem pada kondisi normal untuk mengetahui penyebab permasalahan yang terjadi pada elbow pipa dengan panjang keseluruhan pipa yaitu 735.5 mm dan diameter dalam elbow pipa tersebut adalah 62.3 mm.



Gambar 21. Model Pipa elbow Standart

3.5.4 Model Sistem Modifikasi Kedua



Gambar 22. Pemasangan vortex generator pada posisi 0.1R dari dari radius elbow

Sama halnya dengan model modifikasi sebelumnya pada model modifikasi yang kedua namun *vortex generator* yang terpasang pada sistem berjumlah empat buah *vortex generator* pada sekeliling diameter pipa yang terpisah masing masing pada sudut 90^0 dan peletakan pada $0.1 R$ mengikuti radius *elbow*.

3.6 Simulasi

Pada tahap pelaksanaan percobaan hal yang dilakukan adalah melakukan simulasi untuk mengetahui kondisi aliran yang ada pada sistem. Hasil pengujian nantinya akan diketahui tekanan serta laju aliran pada sistem. Simulasi pada tugas akhir ini akan dilakukan dengan menggunakan software yaitu Numeca Fine Open 6.2.

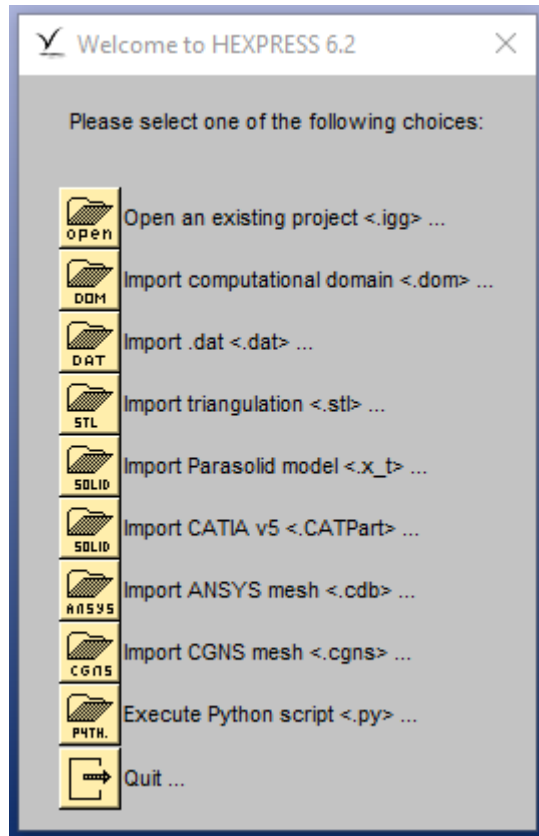
Sesuai dengan bahasan pada tinjauan pustaka terkait *CFD (Computational Fluid Dynamic)* ada beberapa tahapan dalam simulasi CFD mulai dari *pre prosesor*, *solver* dan *post prosesor*. Tahap *pre prosesor* sebagian telah dilakukan dengan pembuatan model yang dilakukan pada Solid Works 2013, selanjutnya akan dilakukan tahap lanjutan dari *pre prosesor* adalah penggenerasian mesh pada model yang dilakukan melalui Numeca Fine Open.

3.6.1 Pengolahan model pada Numeca Fine Open

Setelah dilakukan pemodelan pada sistem yang akan disimulasikan, maka selanjutnya akan masuk pada tahap pengolahan model pada *software* Numeca Fine Open 6.2. Tahapan pengolahan model pada Fine Open 6.2 juga disebut sebagai tahapan *pre prosesor* setelah melalui proses penggambaran model pada Solid Works 2013. Pada tahap *pre prosesor* kali ini akan dilakukan proses penggenerasian mesh pada model.

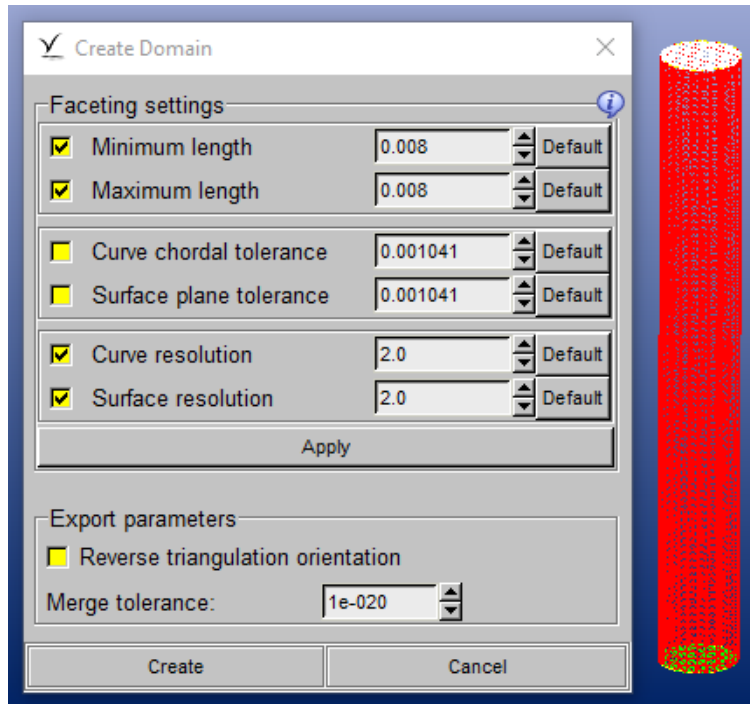
1. Penggenerasian Mesh

Setelah model dibuat di software Solid Works, maka model masuk dalam tahapan penggenerasian mesh pada software Numeca Fine Open 6.2. Penggenerasian mesh pada Fine Open menggunakan menu Hexpress.



Gambar 23. Import model pada Hexpress

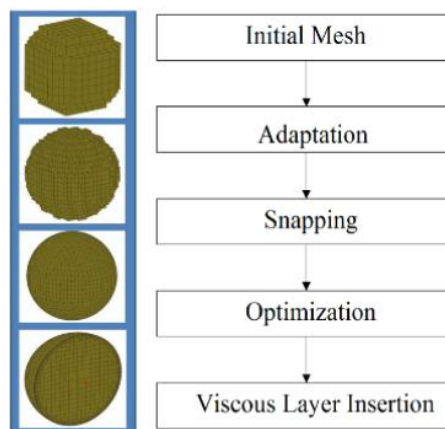
Pada menu Hexpress terdapat beberapa pilihan sub menu yang berfungsi untuk memasukkan model yang akan di simulasikan dengan berbagai macam tipe atau bentuk model sesuai format 3D Modeling yang kita miliki dalam tahapan ini modeling yang di export Solid Works 2013 berupa format parasolid dan mulai pembentukan domain pada menu cad manipulation .



Gambar 24. Pembentukan Domain

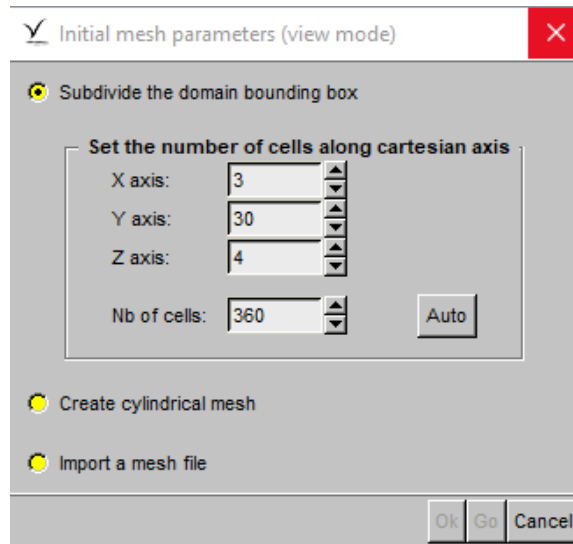
Setelah pembentukan domain dari model maka dapat dilakukan pembuatan mesh dari model yang dibuat. Pembuatan mesh ini menggunakan fitur Mesh Wizard dari Hexpress.

Dalam proses yang ada di Mesh Wizard akan melalui beberapa tahapan sesuai yang tercantum pada bab sebelumnya yaitu *Initial Mesh*, *Adaptation*, *Snapping*, *Optimization* dan *Viscous Layer*.



Gambar 25. Proses Mesh Generation

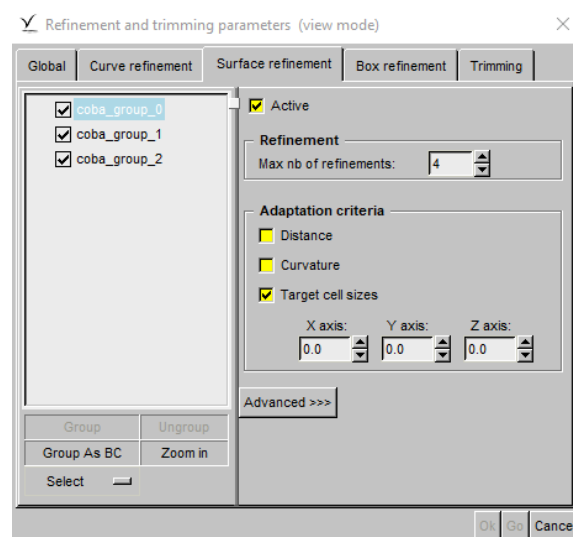
1. Initial Mesh



Gambar 26. Konfigurasi *Initial Mesh*

Dalam *Initial Mesh*, dilakukan pembagian geometri seluruh domain. Domain dibagi menjadi cell berbentuk kotak sesuai dengan domain yang didefinisikan.

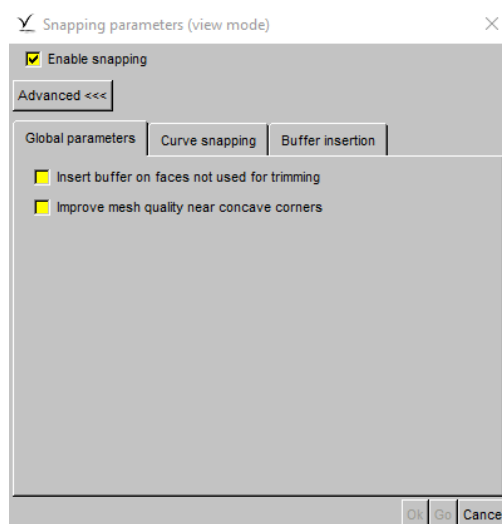
2. Adapt to Geometry



Gambar 27. Konfigurasi *Adapt to Geometry*

Dalam *Adapt to Geometry*, dilakukan *Refinement* terhadap cell-cell yang telah terbagi sesuai dengan bentuk geometry. Selain penghalusan, *Trimming* juga dilakukan yaitu menghapus terhadap cell-cell yang saling menyalang atau berlokasi di luar geometry.

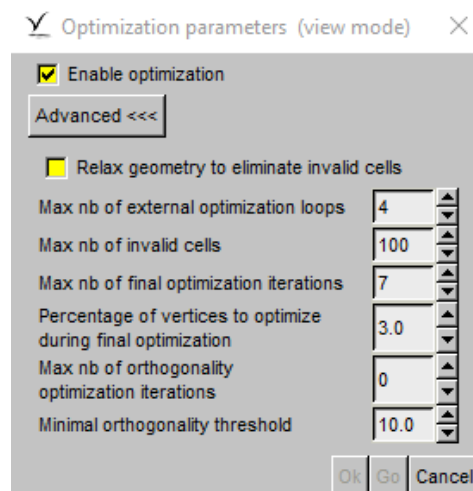
3. Snap to Geometry



Gambar 28. Konfigurasi *Snap to Geometry*

Tujuan dari langkah otomatis ini yaitu memproyeksikan mesh yang didapat dari hasil sebelumnya terhadap bentuk geometry sehingga menghasilkan bentuk geometry yang halus.

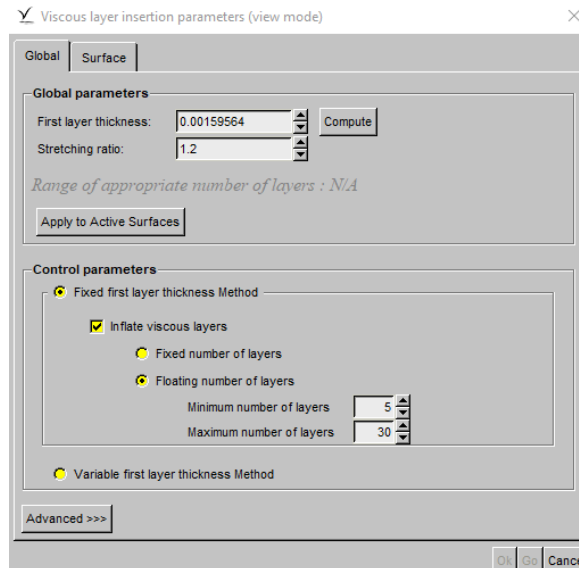
4. Optimize



Gambar 29. Konfigurasi Optimisasi

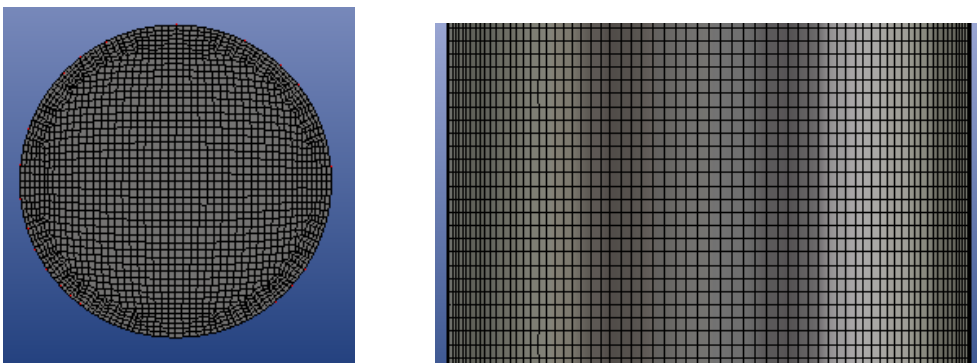
Dalam *Optimize*, dilakukan optimisasi terhadap hasil mesh yang memiliki kualitas buruk seperti concave cells, negative cells, twisted cells. Untuk mengetahui kualitas dari cell dapat dilihat dengan menggunakan menu mesh quality.

5. Viscous Layers



Gambar 30. Konfigurasi *Viscous Layers*

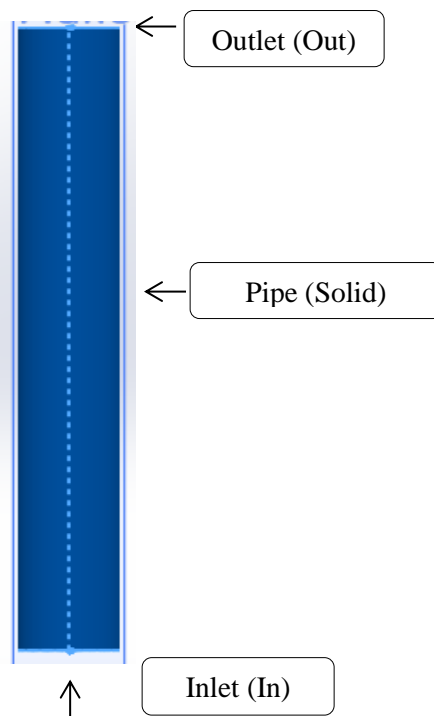
Dalam *Viscous Layers*, dilakukan pendekatan yang spesifik dalam penyisipan lapisan viskos berdasarkan kecepatan sehingga dihasilkan angka Reynold dan angka Froude yang dipengaruhi kecepatan aliran dalam pipa.



Gambar 31. Hasil dari *Mesh Generation* pada model

Dari proses meshing yang telah dilalui maka didapatkan hasil mesh model seperti Gambar 3.17 dengan total jumlah mesh 1,021,698 cell. Tahapan akhir dalam proses Penggenerasian Mesh adalah melakukan pengecekan hasil meshing pada model. Pengecekan dapat dilakukan dengan menggunakan menu Mesh Quality. Hasil mesh harus dapat dipastikan tidak mengandung 3 jenis cell yaitu *negative cell*, *twisted cell* dan *concave cell*, artinya ketiganya harus bernilai 0.

Setelah penggenerasian mesh selesai dilakukan maka langkah terakhir sebelum akhirnya model dilakukan simulasi adalah melakukan penentuan *Boundary Condition* terhadap model yang akan kita simulasikan. Hasil dari boundary condition adalah berupa batasan serta posisi inlet dan outlet pada sistem.



Gambar 32. Batas pada model

3.6.2 Simulasi *CFD* NUMECA Fine Open 6.2

Dalam proses simulasi atau masuk pada proses *solver* pada simulasi *CFD* langkah yang penting dilakukan adalah penentuan parameter fluida yang mengalir dalam sistem mulai dari bentuk fluida hingga bentuk atau model aliran yang akan disimulasikan. Dalam simulasi pada tugas akhir ini fluida yang digunakan adalah Sea Water atau lebih spesifik yaitu air laut. Pada Tabel 3.3 akan dijelaskan terkait karakteristik kondisi model :

Tabel 4. Data karakteristik kondisi model 1

Compute form : Inlet	
Density (Kg/m ³)	1019.915805
Length (mm)	500
Pressure (pascal)	400000
Temperature (k)	308.15
Velocity (m/s)	0.00760602
Viscosity (kg/ms)	0.0077575

Tabel 5. Data karakteristik kondisi model 2

Compute form : Inlet	
Density (Kg/m ³)	1019.915805
Length (mm)	735.5
Pressure (pascal)	400000
Temperature (k)	308.15
Velocity (m/s)	0.00760602
Viscosity (kg/ms)	0.0077575

Tabel 6. Data variasi kecepatan berdasarkan Reynold Number kondisi model 1

Reynold Number (Re)	Kecepatan (m/s) Awal
500	0.00760602
1000	0.01521204
3000	0.04563612
5000	0.0760602
50000	0.76060200
100000	1.521203998
200000	3.042407996
250000	3.803009995

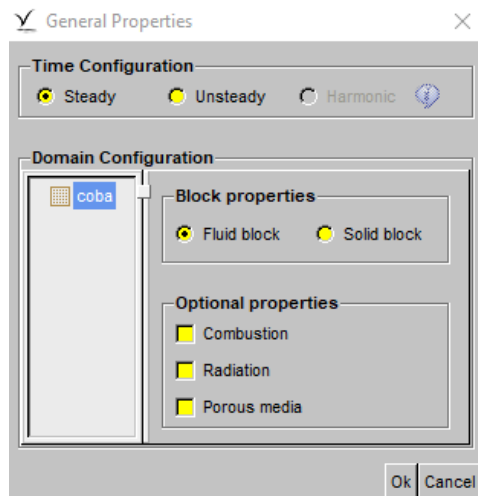
Tabel 7. Data kecepatan berdasarkan Reynold Number kondisi model 2

REYNOLD NUMBER	
Kecepatan (m/s)	Reynold Number (Re)
0.00517065	500
0.010341292	1000
0.031023875	3000
0.051706458	5000
0.51706458	50000
1.034129162	100000
2.068258325	200000
2.585322906	250000

Pengaturan Simulasi NUMECA

Proses selanjutnya setelah meshing dan definisi geometri adalah melakukan pengaturan terhadap simulasi aliran yang akan diuji, berikut merupakan beberapa parameter yang perlu didefinisikan:

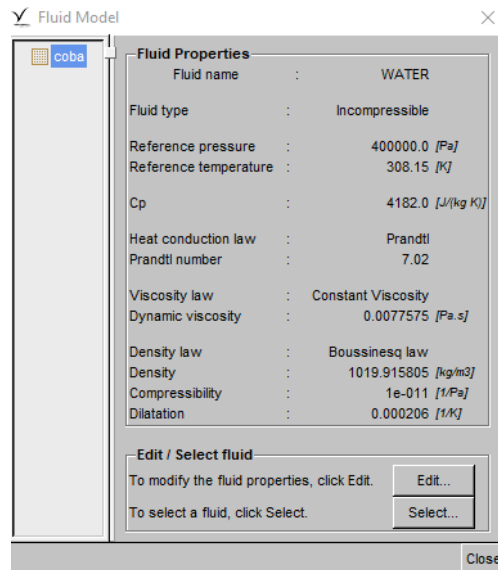
1. General Properties



Gambar 33. Konfigurasi General Properties

Dalam parameter umum ini mengenai konfigurasi waktu pada hasil simulasi saat time step di tentukan terdapat 2 pilihan yaitu *Steady* dan *Unsteady*. *Steady* digunakan apabila ingin mendapatkan hasil running pada saat time step terakhir dan *Unsteady* digunakan apabila ingin mendapatkan hasil simulasi pada time step tertentu. Dalam penelitian ini menggunakan konfigurasi *Steady*.

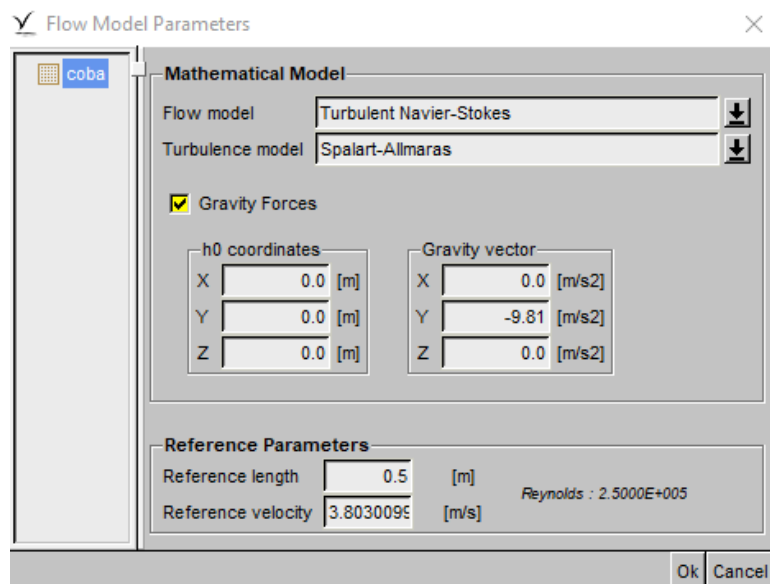
2. Fluid Model



Gambar 34. Konfigurasi *Fluid Model*

Dalam konfigurasi *Fluid Model* ini merupakan definisi fluida yang digunakan pada penelitian ini menggunakan konfigurasi *single fluid* yaitu fluida sea water.

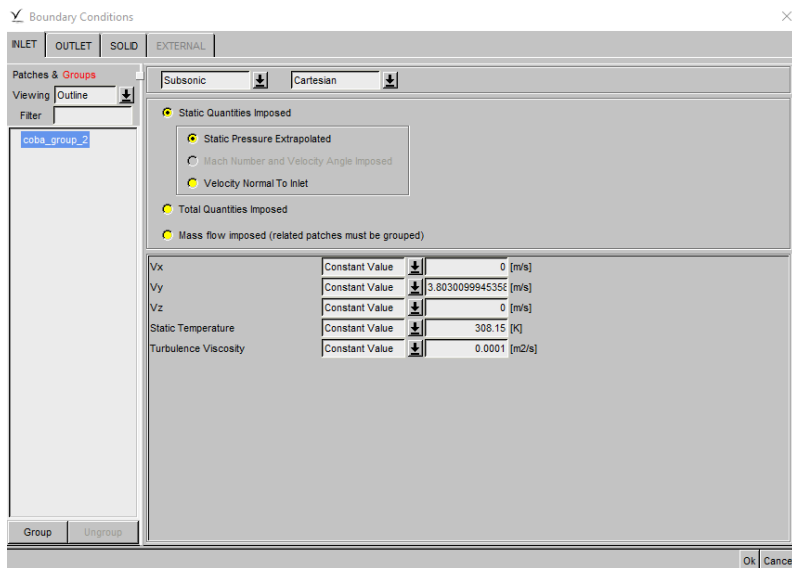
3. Flow Model



Gambar 35 Konfigurasi *Flow Model*

Dalam konfigurasi Flow Model ini merupakan definisi untuk menentukan karakteristik dari aliran yang digunakan, terdapat dua pilihan yaitu laminar dan aliran turbulen serta intensitas dari gravitasi. Pada bagian *reference* parameters untuk mendefinisikan perhitungan dari Reynolds Number yang tertuju pada pengaturan *Fluid Model*.

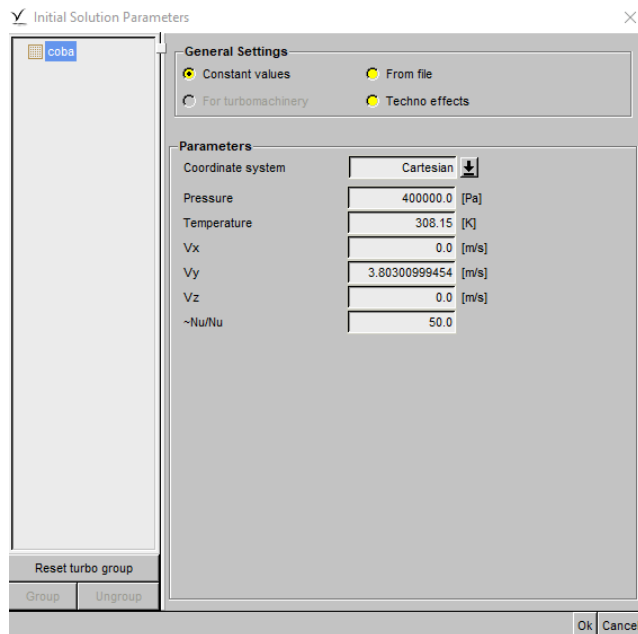
4. Boundary Condition



Gambar 36. Konfigurasi *Boundary Condition*

Boundary Condition merupakan pendefinisian dari kondisi batasan-batasan yang akan di simulasikan. Konfigurasi yang di gunakan dalam penelitian ini adalah bagian sisi body pipa sebagai solid wall-fungtion.

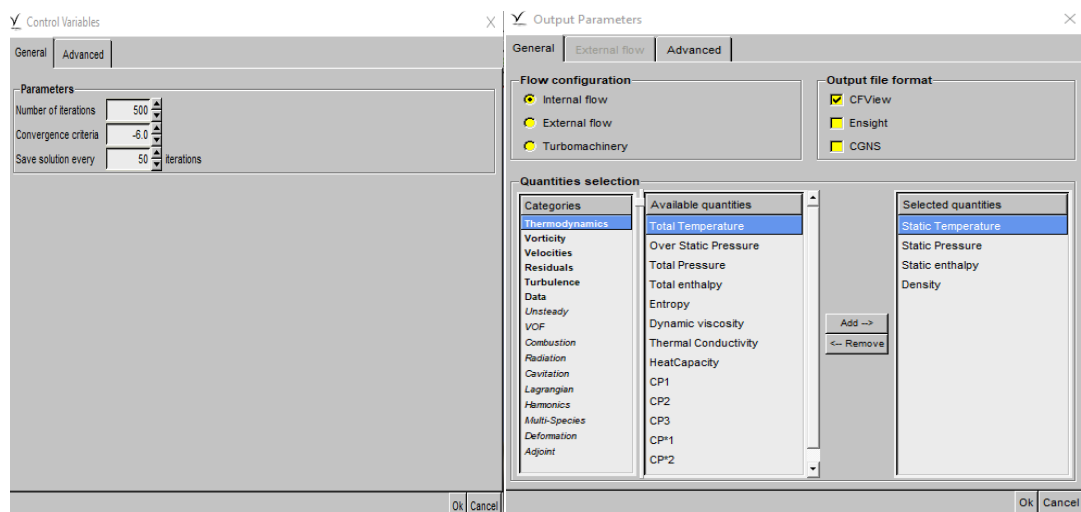
5. Initial Solution



Gambar 37. Konfigurasi *Initial Solution*

Initial Solution, merupakan pendefinisian dari kondisi batasan yang akan di simulasikan. Pada konfigurasi ini terdiri dari pressure, temperature dan kecepatan fluida.

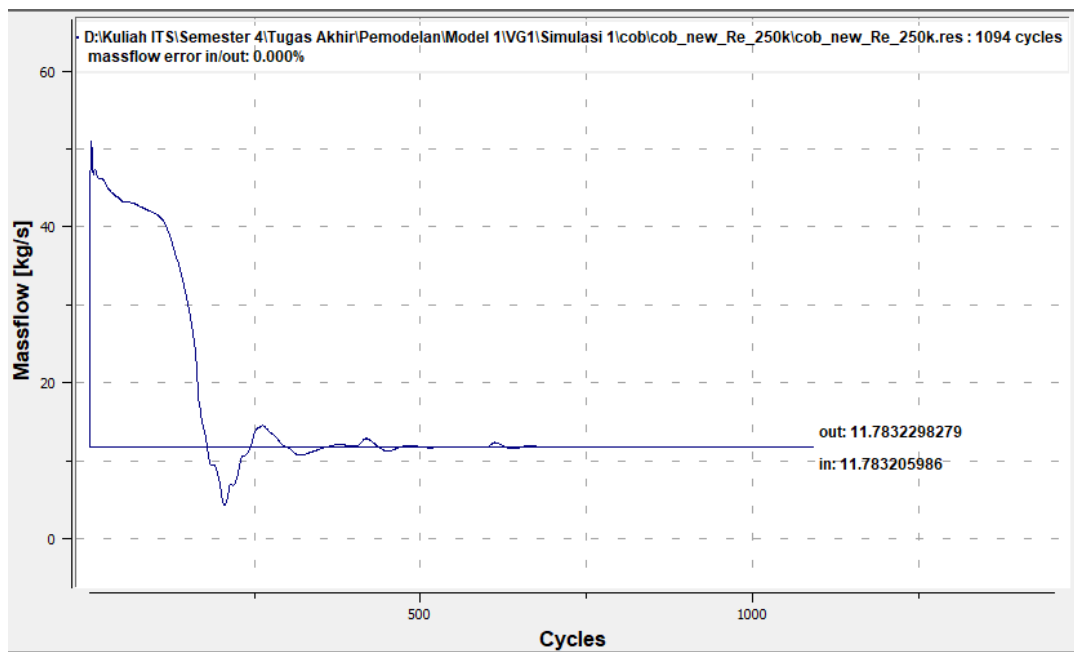
7. Computational Control Variables dan Output



Gambar 38. Konfigurasi *Control Variables* dan *Output*

Data karakteristik model dapat diketahui dari spesifikasi peralatan serta hasil perhitungan sistem. Berdasarkan spesifikasi sistem kita dapat mengetahui tekanan kerja serta kecepatan aliran didalam sistem.

Proses simulasi divalidasi dengan melihat nilai dari mass flow yang masuk dan keluar. Syarat sebuah simulasi berhasil dalam Numeca adalah nilai *error massflow* kurang dari 0.5%.



Gambar 39. Kondisi massflow pada posisi inlet dan outlet

3.7 Analisa Data Percobaan

Dari hasil solver yang telah dilakukan pada Numeca Fine Open 6.2, maka langkah selanjutnya adalah tahapan *post prosesor* atau tahap hasil simulasi. Pada tahap ini, data-data yang diperoleh nantinya akan dianalisa sesuai teori yang ada. Dari hasil analisa yang sudah dilakukan diharapkan nantinya akan diketahui penyebab dari permasalahan yang terjadi. Hasil analisa akan digunakan sebagai rekomendasi pemecahan masalah yang ada.

3.8 Pemecahan masalah

Pada tahap ini, berdasarkan hasil analisa data yang telah dilakukan maka akan dicari solusi yang bisa ditawarkan untuk mengatasi masalah kerusakan sistem yang ada dan dalam hal ini pemecahaan masalah dengan ditambahnya atau di pasang alat pengacau aliran atau vortex generator (VG) dapat mengurangi kerusakan pada sistem tersebut.

3.9 Kesimpulan

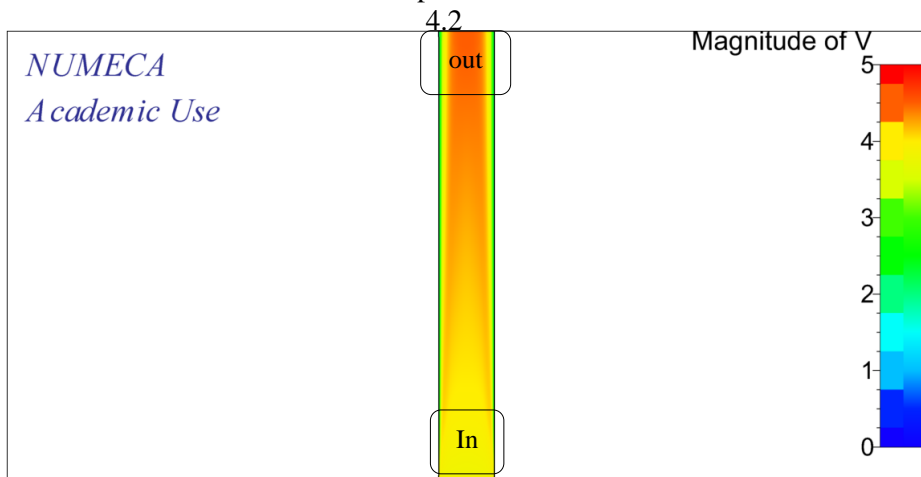
Dalam kesimpulan ini akan membahas mengenai hasil akhir daripada penelitian ini. Hasil akhir yang dimaksud menjawab satu atau beberapa rumusan masalah yang terdapat pendahuluan. Dengan harapan dapat memperbaiki penelitian serupa selanjutnya.

BAB IV

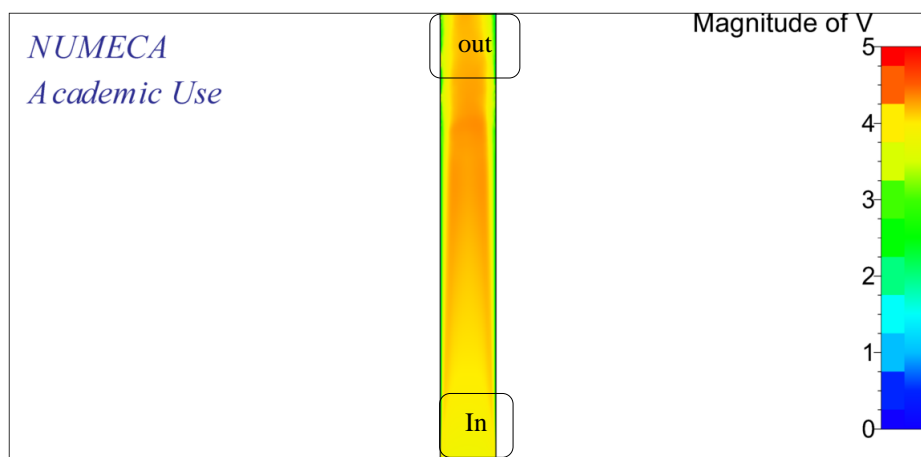
ANALISA DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari proses simulasi berupa kecepatan aliran dan tekanan pada sistem. Dari hasil tersebut akan ditinjau lebih lanjut berdasarkan teori yang sudah ada terkait fenomena korosi erosi pada pipa. Berikut ini merupakan hasil simulasi dan data perhitungan Reynold number pada pipa pada model standart dan model yang dimodifikasi dari sistem yang ada.

4.1 Hasil Simulasi Model Pertama Pipa Standart

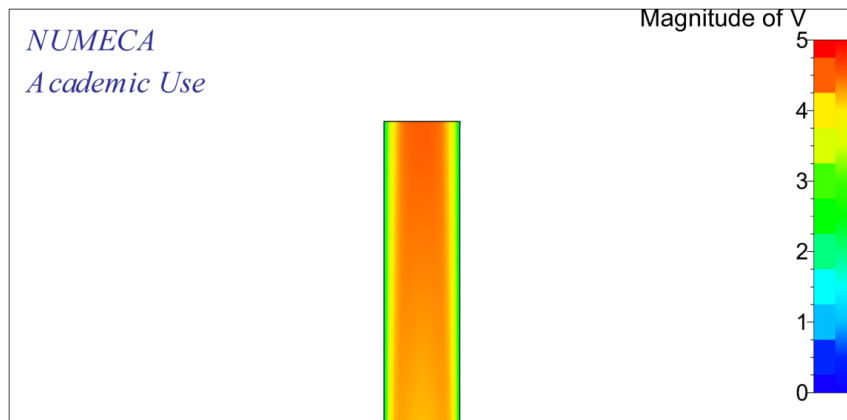


Gambar 41. Hasil simulasi kecepatan aliran pada model pipa standart pertama dengan gaya gravitasi pada Re 250000

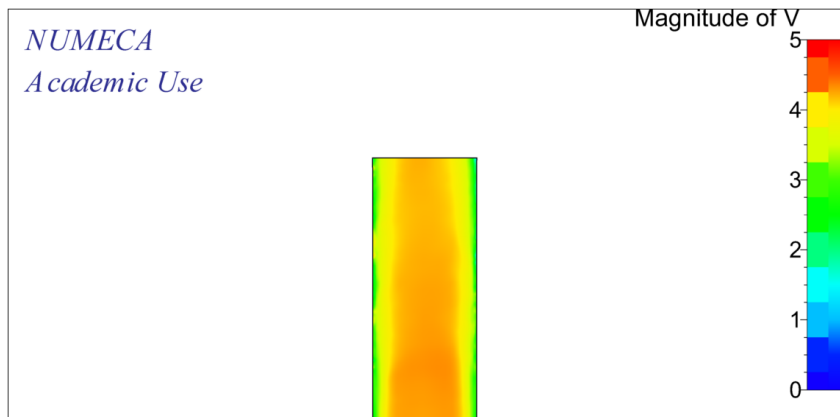


Gambar 42. Hasil simulasi kecepatan aliran streamline pada pipa standart pertama tanpa gaya gravitasi pada Re 250000

Dari Gambar 41 dan Gambar 42 diatas kita dapat disimpulkan bahwa kontur kecepatan aliran yang paling tinggi terjadi pada bagian sisi outlet pada pipa dibandingkan dengan kondisi kecepatan aliran di bagian yang lainnya dalam model tersebut. Dari kontur kecepatan pada model diatas dengan menggunakan gaya gravitasi yang kecepatan sistem yang awalnya sekitar 3.8 m/s meningkat menjadi sekitar 4.5 m/s dan di bandingkan dengan model tanpa menggunakan gaya gravitasi kecepatan sistem yang awalnya 3.8 m/s meningkat sekitar 5.3 m/s. Dari kondisi tersebut bahwa gaya gaya gravitasi sangat mempengaruhi kecepatan aliran pada sistem tersebut untuk mengurangi kecepatan di dalam pipa. Dari Gambar 43 dan Gambar 44 dapat diketahui lebih detail terkait kecepatan aliran pada bagian pipa.

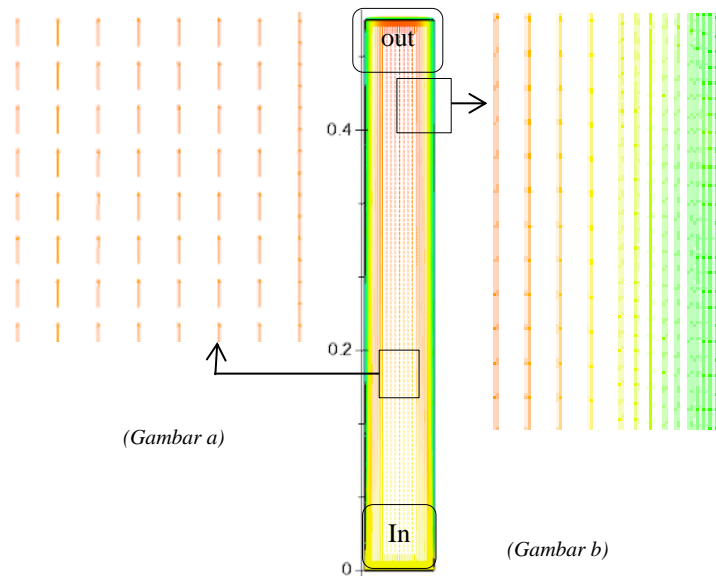


Gambar 43. Kontur aliran spesifik pada model pipa standart pertama dengan gaya gravitasi pada $Re\ 250000$

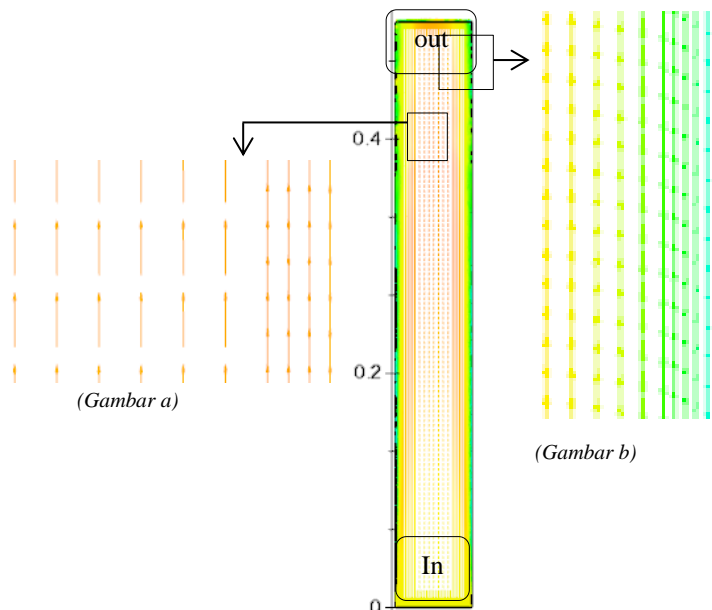


Gambar 44. Kontur aliran spesifik pada model pipa standart pertama dengan tanpa gaya gravitasi pada $Re\ 250000$

Dari Gambar 43 dan Gambar 44 dapat disimpulkan bahwa kontur kecepatan aliran tertinggi terjadi di bagian *inner pipa* atau sisi bagian dalam pada pipa lurus tersebut. Sedangkan pada bagian luar pipa lurus atau *outer pipa* cenderung terjadi penurunan kecepatan dari kecepatan kerja sistem dan pipa lurus berbeda dengan pipa elbow terjadi benturan aliran pada sisi luar elbow atau outer elbow yang sering terjadi korosi erosi pada sisi elbow.

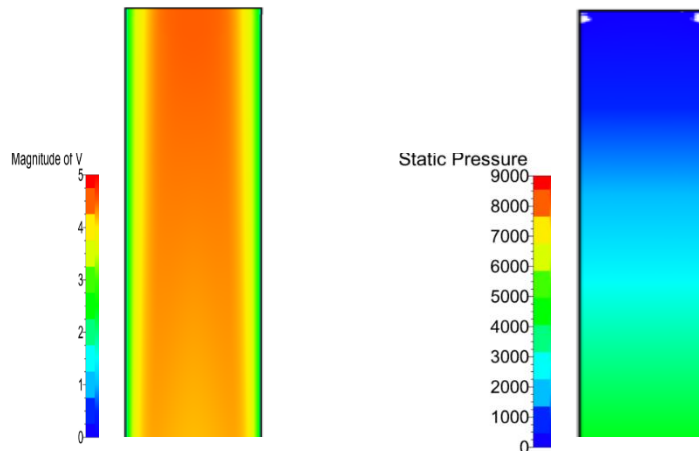


Gambar 45. Vektor kecepatan aliran pada sisi pipa lurus dengan gaya gravitasi pada Re 250000

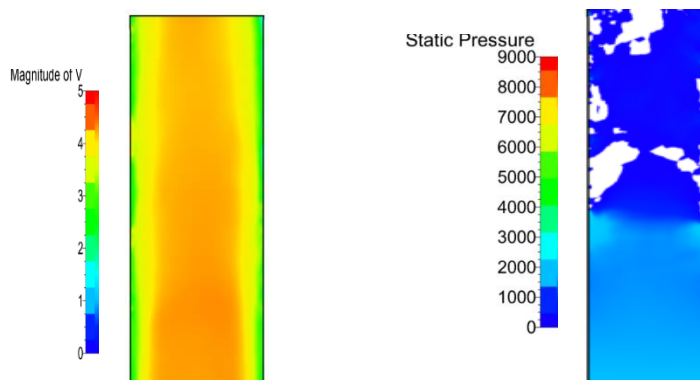


Gambar 46. Vektor kecepatan aliran pada sisi pipa lurus dengan tanpa gaya gravitasi pada Re 250000

Dari gambar 45 dan gambar 46 dapat disimpulkan kondisi aliran dalam pipa lurus dalam bentuk vector. Pada posisi *inner pipa lurus* (45.a) dan pada posisi *outer pipa lurus* (45.b) dengan kondisi kecepatan aliran yang lebih streamline karena pada pipa elbow tidak terjadi nya aliran balik (*turbulence*) sistem karna tidak ada pengaruh dari fitting-fitting pipa baik pada pipa dengan gaya gravitasi dan pipa tanpa gaya gravitasi.



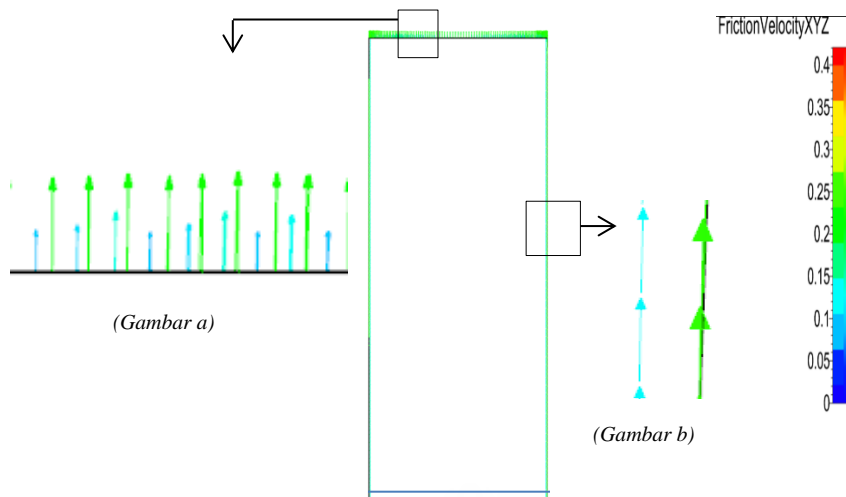
Gambar 47. Perbandingan kecepatan dan tekanan pada pipa lurus dengan gaya gravitasi pada $Re\ 250000$



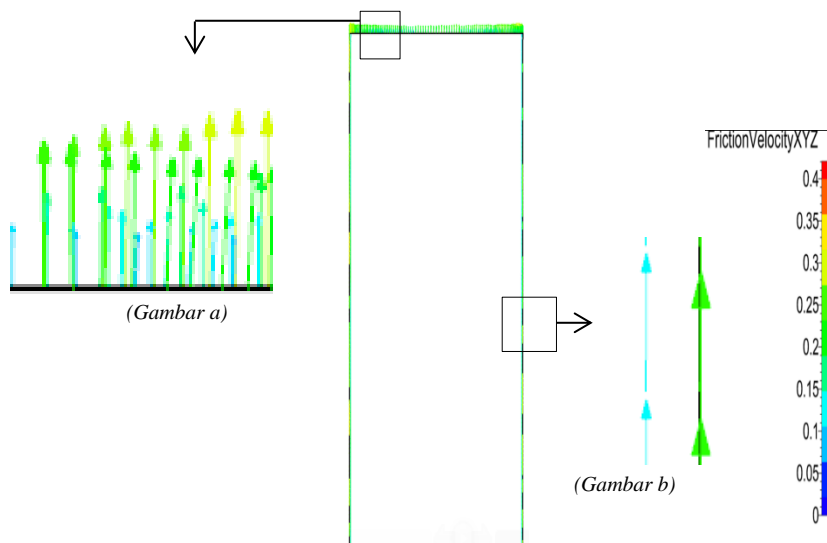
Gambar 48. Perbandingan kecepatan dan tekanan pada pipa lurus tanpa gaya gravitasi pada $Re\ 250000$

Dari gambar 47 dan gambar 48 dapat disimpulkan perbandingan kontur kecepatan aliran dan kontur tekanan pada pipa lurus, bahwa hubungan antara kecepatan aliran dan tekanan adalah berbanding terbalik, dimana untuk area dengan nilai kecepatan aliran tinggi maka memiliki nilai tekanan yang relative lebih rendah dan begitu juga sebaliknya untuk area dengan nilai kecepatan aliran rendah maka memiliki nilai tekan yang relative lebih tinggi. Dari simulasi perbandingan diatas adalah area dengan nilai

kecepatan aliran yang tinggi memiliki tekanan yang relative lebih rendah hal tersebut menunjukkan bahwa sesuai dengan teori yaitu kecepatan berbanding terbalik dengan tekanan.



Gambar 49. Vektor kecepatan gesekan pada sisi pipa lurus dengan gaya gravitasi pada Re 250000



Gambar 50. Vektor kecepatan gesekan pada sisi pipa lurus tanpa gaya gravitasi pada Re 250000

Tabel 8. Data hasil simulasi variasi model standart pertama dengan menggunakan gaya gravitasi

Reynold Number (Re)	Kecepatan (m/s) Awal	Kecepatan Hasil Running pada titik pertama(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik kedua(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik ketiga(m/s)	Tekanan Hasil Running
250000	3.8030	4.240	4.350	4.5063	9887.13
200000	3.0424	3.460	3.5600	3.6797	8569.22
100000	1.5212	1.840	1.890	1.9259	6310.50
50000	0.7606	0.981	0.992	0.9958	5506.75
5000	0.0761	0.166	0.166	0.2026	5319.06
4000	0.0608	0.140	0.140	0.1725	5240.22
3000	0.0456	0.098	0.101	0.1345	5190.44
2000	0.0304	0.063	0.064	0.0870	5141.88
1000	0.0152	0.029	0.267	0.0492	5052.88
500	0.0076	0.012	0.012	0.0200	4994.88

Tabel 9. Data hasil simulasi variasi model standart pertama tanpa menggunakan gaya gravitasi

Reynold Number (Re)	Kecepatan (m/s) Awal	Kecepatan Hasil Running pada titik pertama(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik kedua(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik ketiga(m/s)	Tekanan Hasil Running
250000	3.8030	4.240	4.310	5.3372	7982.81
200000	3.0424	3.480	3.470	5.0072	5140.53
100000	1.5212	1.720	1.690	2.4166	3318.84
50000	0.7606	0.853	0.816	1.3744	1424.34
5000	0.0761	0.081	0.080	0.1366	149.18
4000	0.0608	0.070	0.064	0.1103	148.5
3000	0.0456	0.050	0.048	0.0766	104.53
2000	0.0304	0.032	0.031	0.0508	61.09
1000	0.0152	0.017	0.0170	0.0254	38.78
500	0.0076	0.007	0.007	0.0152	14.03

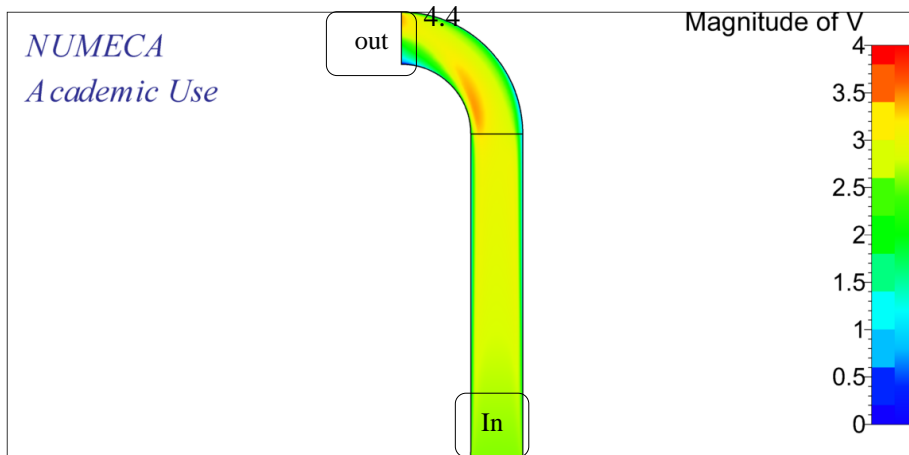


Grafik 1. Data hasil simulasi variasi model standart pertama dengan menggunakan gaya gravitasi

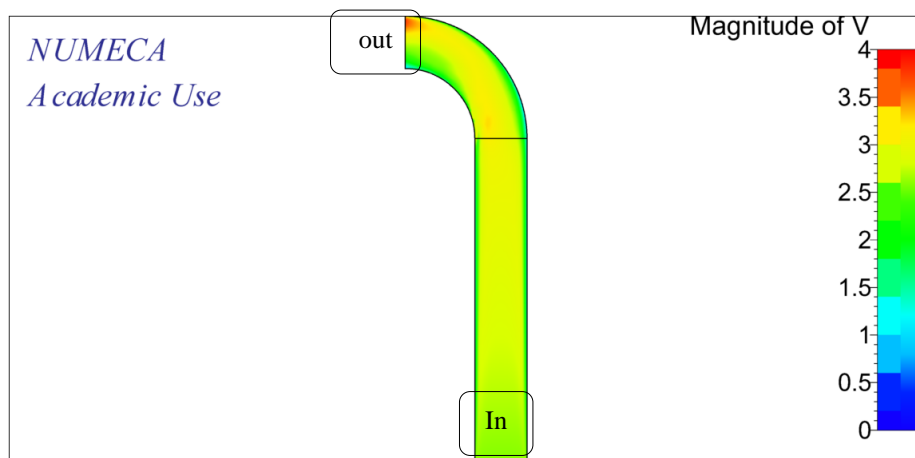


Grafik 2. Data hasil simulasi variasi model standart pertama dengan menggunakan gaya gravitasi

4.3 Hasil Simulasi Model Kedua Pipa Standart

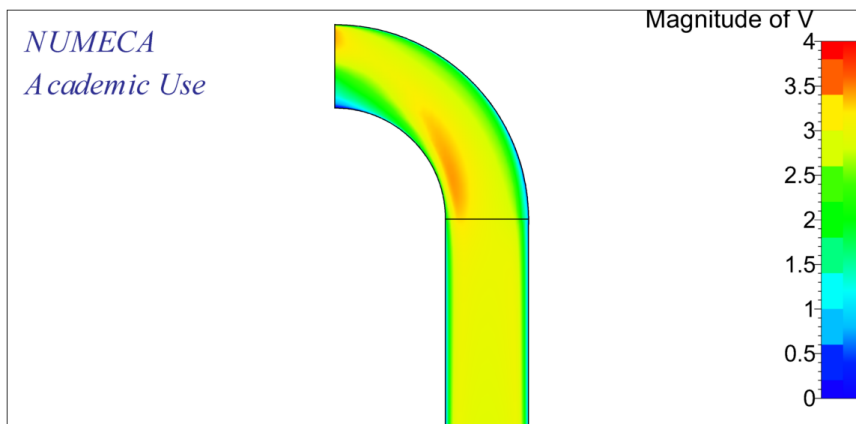


Gambar 51. Hasil simulasi kecepatan aliran pada model pipa standart kedua dengan gaya gravitasi pada Re 250000

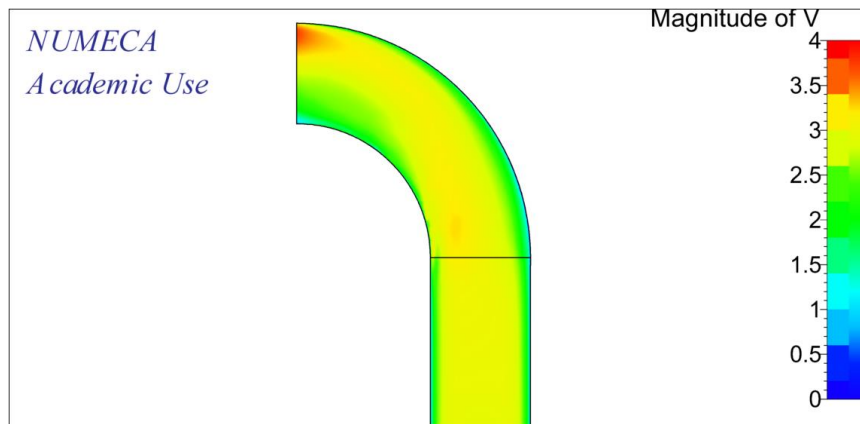


Gambar 52. Hasil simulasi kecepatan aliran pada model pipa standart kedua tanpa gaya gravitasi pada Re 250000

Dari Gambar 51 dan Gambar 52 diatas kita dapat menyimpulkan bahwa kontur kecepatan aliran yang paling tinggi terjadi pada bagian sisi outlet pada pipa elbow dibandingkan dengan kondisi kecepatan aliran di bagian yang lainnya dalam model tersebut. Dari kontur kecepatan pada model diatas dengan menggunakan gaya gravitasi yang kecepatan sistem yang awalnya sekitar 2.58 m/s meningkat menjadi sekitar 3.43 m/s dan di bandingkan dengan model tanpa menggunakan gaya gravitasi kecepatan sistem yang awalnya 3.8 m/s meningkat sekitar 3.94 m/s. Dari kondisi tersebut bahwa gaya gaya gravitasi sangat mempengaruhi kecepatan aliran pada sistem tersebut untuk mengurangi kecepatan di dalam pipa. Dari Gambar 53 dan Gambar 54 dapat diketahui lebih detal terkait kecepatan aliran pada bagian pipa.

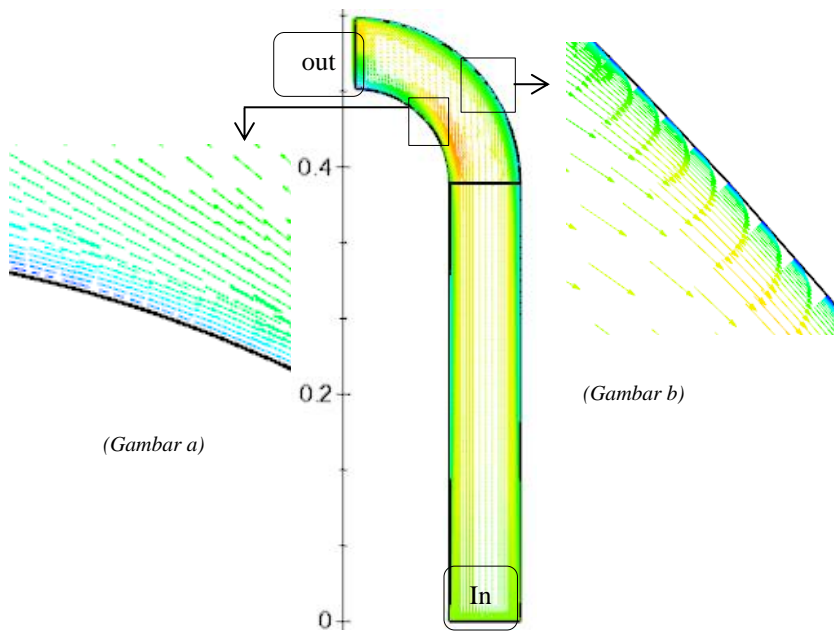


Gambar 53. Kontur aliran spesifik pada model pipa standart kedua dengan gaya gravitasi pada $Re\ 250000$

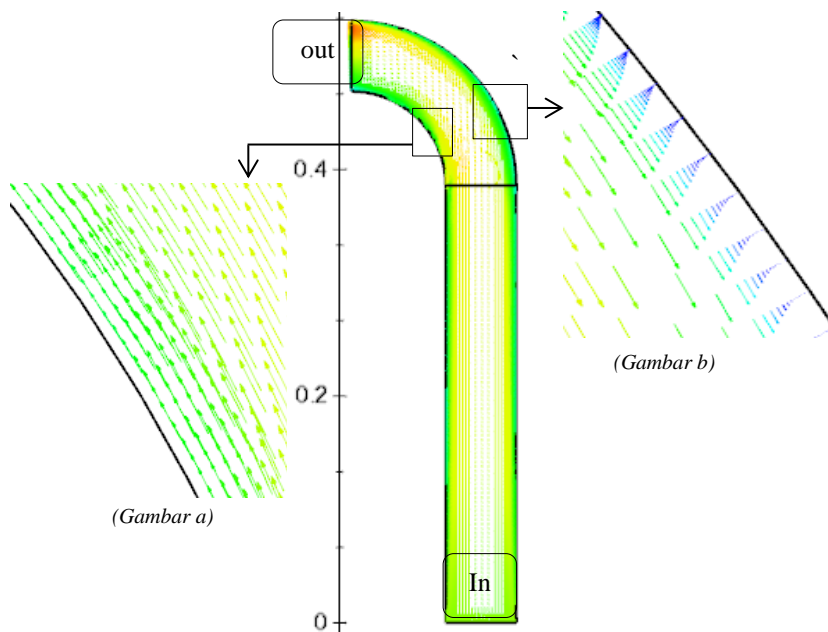


Gambar 54. Kontur aliran spesifik pada model pipa standart kedua dengan tanpa gaya gravitasi pada $Re\ 250000$

Dari Gambar 53 dan Gambar 54 dapat di simpulkan bahwa kontur kecepatan aliran tertinggi terjadi di bagian *outer elbow pipa* atau sisi bagian luar pada pipa elbow tersebut. Sedangkan pada bagian dalam pipa elbiw atau *inner pipa* cenderung terjadi penurunan kecepatan dari kecepatan kerja sistem dan pipa elbow berbeda dengan pipa lurus karena bagian inner dari pipa cenderung lebih tinggi dari bagian outernya pipa karena tidak adanya penambahan fitting pada pipa tersebut.

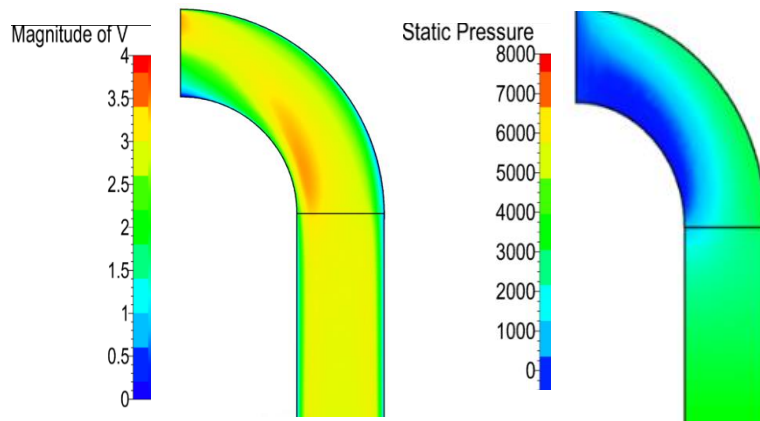


Gambar 55. Vektor kecepatan aliran pada sisi pipa elbow dengan gaya gravitasi pada Re 250000

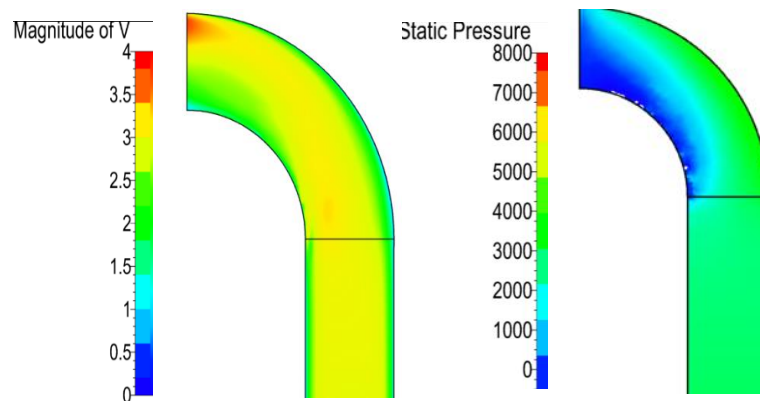


Gambar 56. Vektor kecepatan aliran pada sisi pipa elbow dengan tanpa gaya gravitasi pada Re 250000

Dari gambar 55 dan gambar 56 dapat disimpulkan bahwa kondisi aliran dalam pipa elbow dalam bentuk vector. Pada posisi *inner pipa elbow* (55.a) dengan kondisi kecepatan relative rendah aliran lebih streamline, sedangkan pada posisi *outer elbow* (55.b) kondisi aliran yang lebih tinggi juga disebabkan oleh aliran balik (turbulence), maka dari simulasi diatas dapat disimpulkan bahwa kerusakan yang terjadi pada *outer elbow* di sebabkan oleh turbulensi aliran yang besar pada bagian pipa tersebut dan kecepatan aliran yang relative tinggi pada *outer pipa* tersebut.

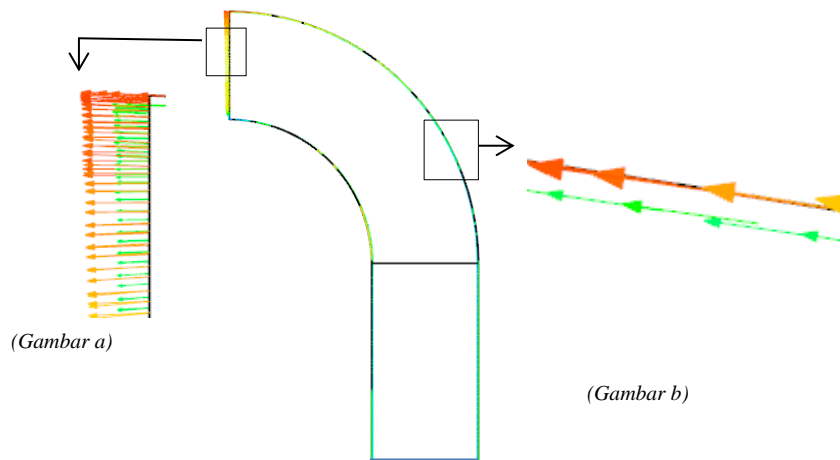


Gambar 57. Perbandingan kecepatan dan tekanan pada pipa elbow dengan gaya gravitasi pada $Re\ 250000$

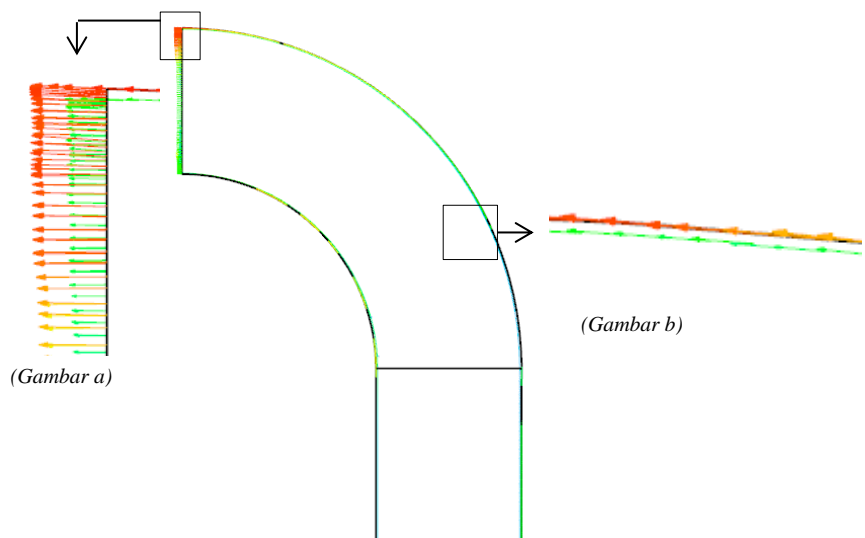


Gambar 58. Perbandingan kecepatan dan tekanan pada pipa elbow tanpa gaya gravitasi pada $Re\ 250000$

Dari gambar 57 dan gambar 58 dapat disimpulkan bahwa perbandingan kontur kecepatan aliran dan kontur tekanan pada pipa lurus, bahwa hubungan antara kecepatan aliran dan tekanan adalah berbanding terbalik, dimana untuk area dengan nilai kecepatan aliran tinggi maka memiliki nilai tekanan yang relative lebih rendah dan begitu juga sebalik nya untuk area dengan nilai kecepatan aliran rendah maka memiliki nilai tekan yang relative lebih tinggi. Dari simulasi perbandingan diatas adalah area dengan nilai kecepatan aliran yang tinggi memiliki tekanan yang tinggi, hal tersebut menunjukkan jika terdapat kesalahan terhadap sistem dari hasil data simulasi.



Gambar 59. Vektor kecepatan gesekan pada sisi pipa elbow dengan gaya gravitasi pada Re 250000



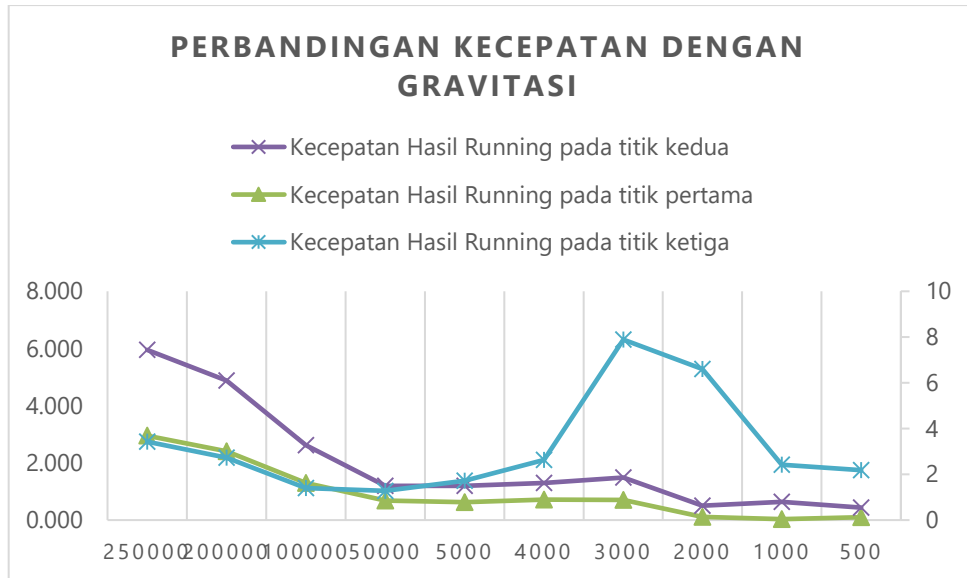
Gambar 60. Vektor kecepatan gesekan pada sisi pipa elbow tanpa gaya gravitasi pada Re 250000

Tabel 10. Data hasil simulasi variasi model standart kedua dengan menggunakan gaya gravitasi

Reynold Number (Re)	Kecepatan (m/s) Awal	Kecepatan Hasil Running pada titik pertama(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik kedua(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik ketiga(m/s)	Tekanan Hasil Running
250000	2.5853	2.950	3.000	3.4327	8049.19
200000	2.0683	2.410	2.470	2.7214	7373.28
100000	1.0341	1.300	1.320	1.4000	5802.56
50000	0.5171	0.683	0.511	1.2790	7960.03
5000	0.0517	0.632	0.563	1.7147	321.71
4000	0.0414	0.711	0.592	2.6341	14146.4
3000	0.0310	0.710	0.782	7.8876	3978.53
2000	0.0207	0.108	0.391	6.5976	6111.28
1000	0.0103	0.033	0.602	2.4192	5396.34
500	0.0052	0.096	0.340	2.1803	4383.5

Tabel 11. Data hasil simulasi variasi model standart kedua tanpa menggunakan gaya gravitasi

Reynold Number (Re)	Kecepatan (m/s) Awal	Kecepatan Hasil Running pada titik pertama(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik kedua(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik ketiga(m/s)	Tekanan Hasil Running
250000	2.5853	2.96	3.02	3.9433	4955.63
200000	2.0683	2.4100	2.4600	3.1623	3939.28
100000	1.0341	1.29	1.29	2.2879	2107.16
50000	0.5171	0.544	0.517	0.8479	1058.22
5000	0.0517	0.054	0.052	0.1305	101.37
4000	0.0414	0.044	0.041	0.0839	89.4
3000	0.0310	0.033	0.033	0.0746	83.78
2000	0.0207	0.0210	0.0210	0.0472	47.28
1000	0.0103	0.0110	0.0110	0.0281	25.68
500	0.0052	0.005	0.005	0.0102	11.37



Grafik 3. Data hasil simulasi variasi model standart kedua dengan menggunakan gaya gravitasi



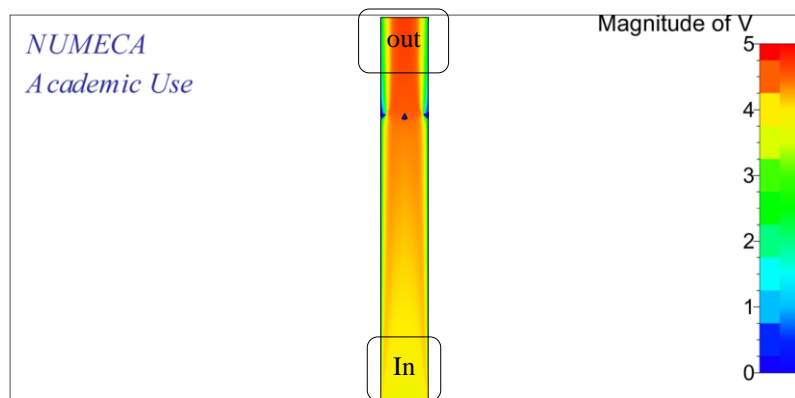
Grafik 4. Data hasil simulasi variasi model standart kedua tanpa menggunakan gaya gravitasi

4.5 Pemecahan Masalah

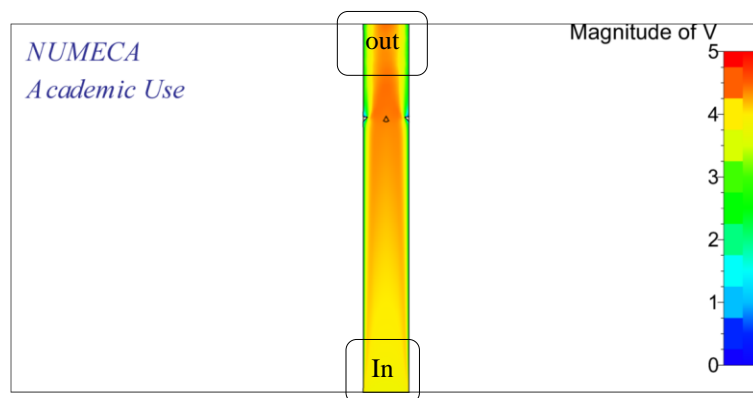
Pada umumnya yang dilakukan terkait permasalahan kecepatan aliran yang berlebihan pada instalasi pada sistem perpipaan adalah melakukan penggantian terhadap sistem yang ada, misalnya melakukan reparasi pengelasan dan melakukan penggantian pada fitting yang mengalami kerusakan.

Pada permasalahan ini terkait kecepatan yang berlebihan pada instalasi sistem perpipaan di terapkan atau di implementasikan penambahan *Vortex Generator* atau sistem pengacau aliran yang nantinya diharapkan dapat mengurangi kecepatan pada pipa, khusus nya di area elbow yang paling bersampak erosi. Penambahan *Vortex Generator* pada sistem di tempatkan pada posisi 0.1 R dari radius elbow atau 375 mm dari inlet pipa dengan 4 jumlah *Vortex Generator* yang diharapkan akan memperoleh hasil yang optimal untuk mengurangi permasalahan tersebut.

4.5.1 Hasil modifikasi model standart pertama



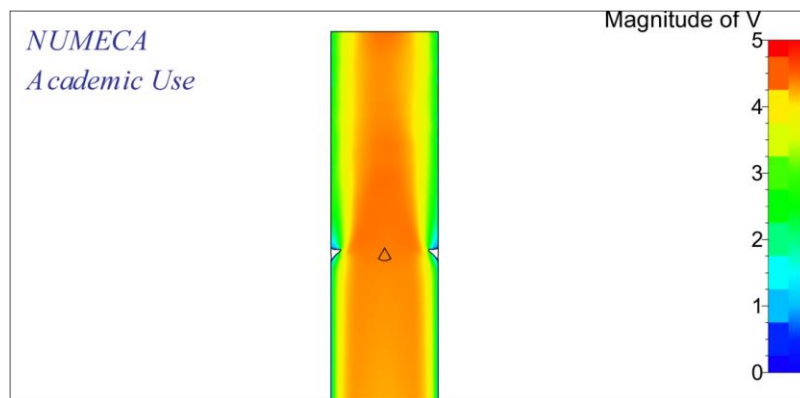
Gambar 61. Hasil simulasi kecepatan aliran pada model dengan penambahan *vortex generator* pada posisi inlet 375 mm dari inlet dengan gaya gravitasi pada Re 250000



Gambar 62. Hasil simulasi kecepatan aliran pada model dengan penambahan *vortex generator* pada posisi inlet 375 mm dari inlet dengan gaya gravitasi pada Re 250000

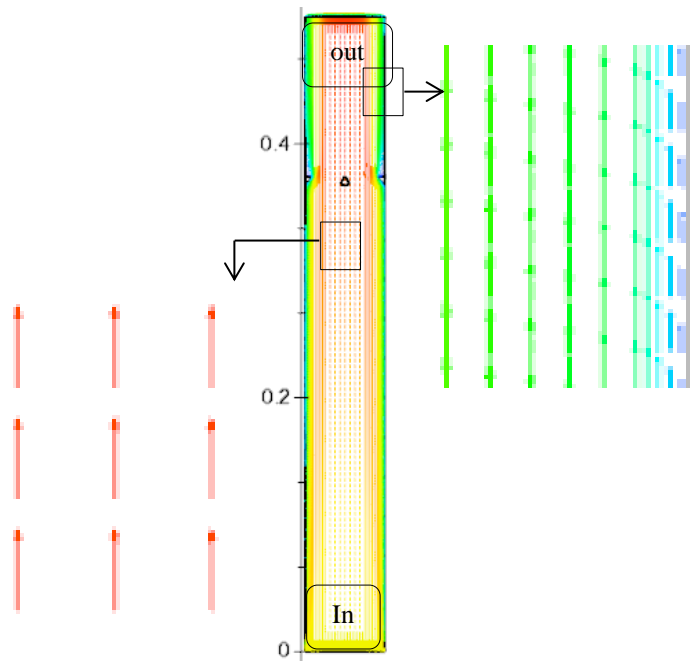


Gambar 63. Hasil simulasi kecepatan aliran spesifik pada model dengan penambahan *vortex generator* pada posisi inlet 375 mm dari inlet dengan gaya gravitasi pada $Re\ 250000$

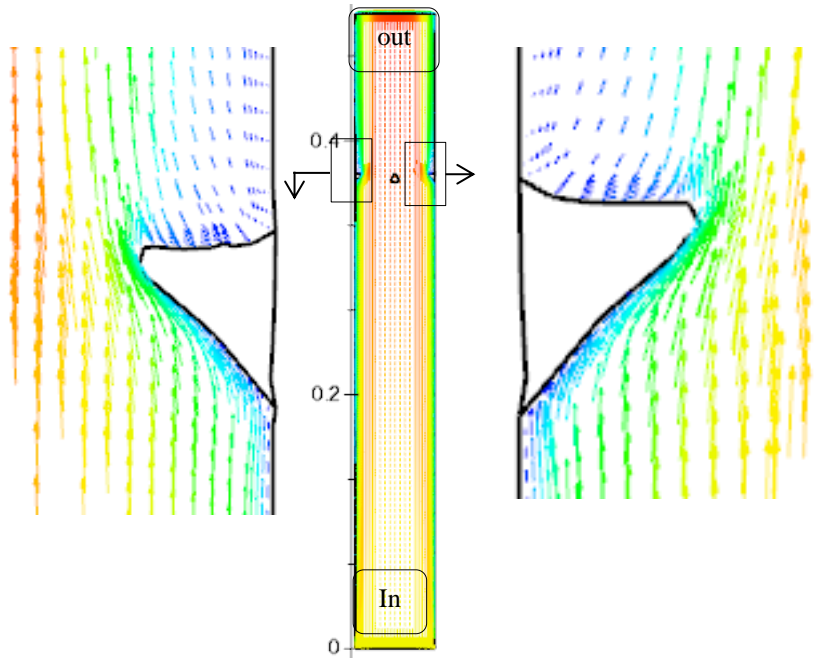


Gambar 64. Hasil simulasi kecepatan aliran spesifik pada model dengan penambahan *vortex generator* pada posisi inlet 375 mm dari inlet tanpa gaya gravitasi pada $Re\ 250000$

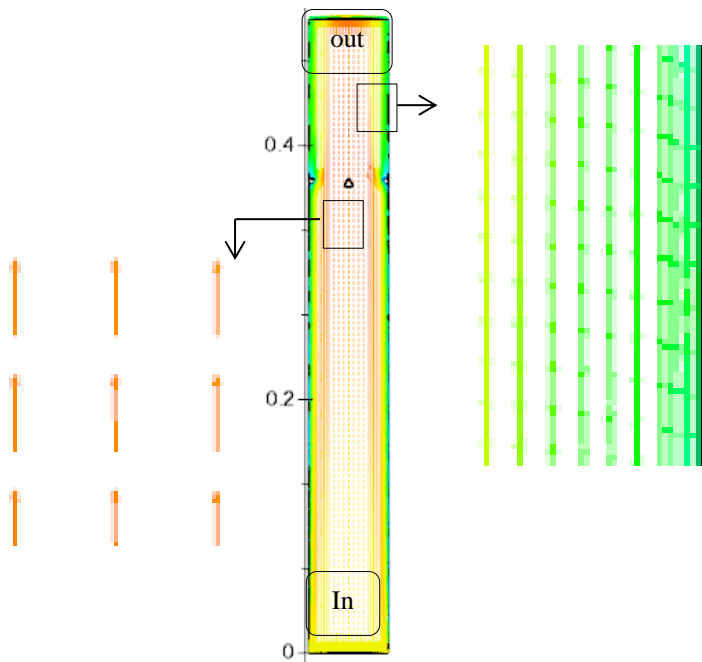
Dari penambahan vortex generator dapat dilihat dari hasil simulasi perubahan kecepatan aliran pada sisi *inner elbow*. Dengan hasil tersebut dapat dibuktikan bahwa penambahan vortex generator mampu mengurangi atau mereduksi kecepatan aliran tapi tidak bisa pada pipa lurus karena mampu mengurangi kecepatan pada saat aliran mengenai vortex generator malah sebaliknya mempercepat aliran di dalam sistem perpipaan tersebut.



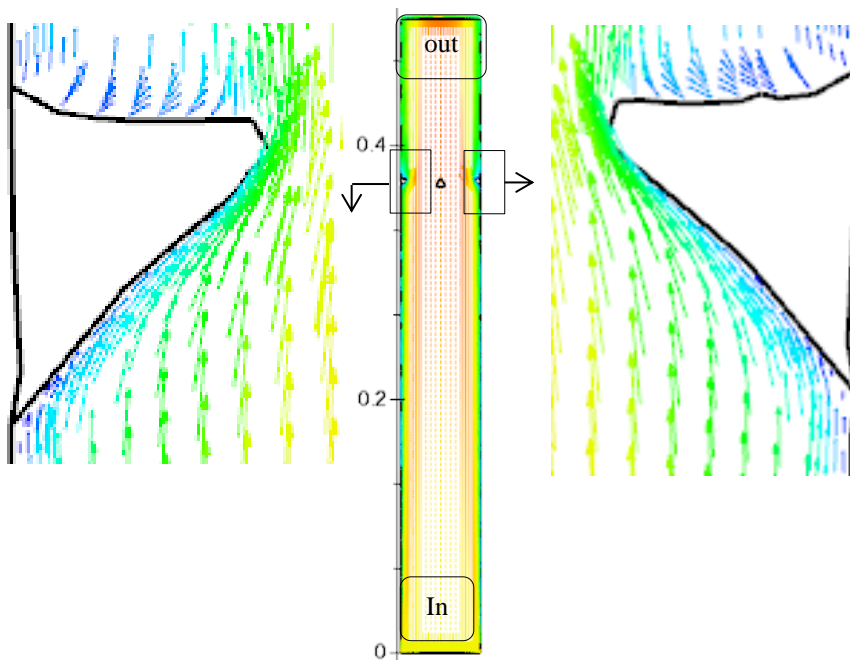
Gambar 65. Kontur vektor pada bagian Inner dan outer pipa lurus dengan gaya gravitasi pada Re 250000



Gambar 66. Kontur vektor pada bagian Inner dan outer pipa lurus dengan gaya gravitasi pada Re 250000

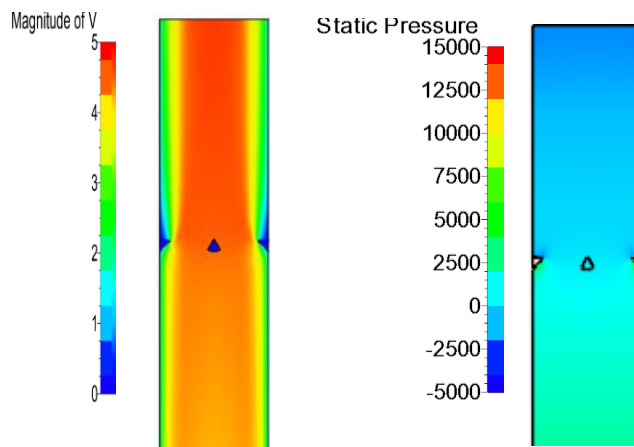


Gambar 67. Kontur vektor pada bagian Inner dan outer pipa lurus tanpa gaya gravitasi pada Re 250000

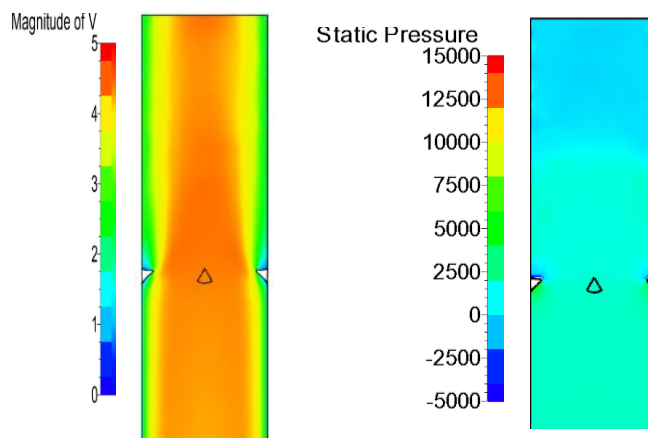


Gambar 68. Kontur vektor pada bagian Inner dan outer pipa lurus tanpa gaya gravitasi pada Re 250000

Dari gambar 65 gambar 66 gambar 67 gambar 68 kita dapat mengetahui bentuk vector aliran yang terjadi di bagian yang berbenturan dengan *vortex generator*. Dari vector tersebut kita dapat mengetahui bahwa dengan penambahan *vortex generator* dapat mengurangi kecepatan aliran yang terjadi di dalam pipa. Sedangkan untuk penambahan *vortex generator* tersebut resiko yang dapat terjadi adalah terjadi nya turbulensi aliran setelah melewati *vortex generator* namun masih dalam skala yang relative lebih kecil.



Gambar 69. Perbandingan kecepatan aliran dan tekanan pada modifikasi model pertama dengan gaya gravitasi pada $Re\ 250000$



Gambar 70. Perbandingan kecepatan aliran dan tekanan pada modifikasi model pertama dengan gaya gravitasi pada $Re\ 250000$

Dari gambar 69 gambar 70 kita dapat mengetahui bentuk kontur kecepatan dan kontur tekanan pada pipa lurus akibat penambahan *vortex generator*, pada di dalam pipa mengalami peningkatan kecepatan aliran namun tekanan di dalam pipa relative lebih berkurang.

Tabel 12. Data hasil simulasi variasi model standart pertama dengan menggunakan gaya gravitasi

Reynold Number (Re)	Kecepatan (m/s) Awal	Kecepatan Hasil Running pertama pada titik pertama(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik kedua(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik ketiga(m/s)	Tekanan Hasil Running
250000	3.8030	4.280	4.460	4.6878	15478.1
200000	3.0424	3.460	3.600	3.7808	11578.8
100000	1.5212	1.810	1.880	1.9349	6614.94
50000	0.7606	0.965	0.992	1.0159	5675.22
5000	0.0761	0.150	0.179	0.1857	4966.5
4000	0.0608	0.134	0.151	0.1548	5000.19
3000	0.0456	0.100	0.116	0.1227	5048.38
2000	0.0304	0.0700	0.0782	0.1253	5119.19
1000	0.0152	0.0235	0.0292	0.0599	5102.47
500	0.0076	0.0117	0.0113	0.0278	5037.75

Tabel 13 Data hasil simulasi variasi model standart pertama tanpa menggunakan gaya gravitasi

Reynold Number (Re)	Kecepatan (m/s) Awal	Kecepatan Hasil Running pada titik pertama(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik kedua(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik ketiga(m/s)	Tekanan Hasil Running
250000	3.8030	4.250	4.380	4.8813	18674.2
200000	3.0424	3.460	3.590	4.1409	13857.1
100000	1.5212	1.830	1.850	2.1524	6286.84
50000	0.7606	0.966	0.971	1.2000	2595.25
5000	0.0761	0.091	0.094	0.1271	256.62
4000	0.0608	0.079	0.08	0.0883	194.58
3000	0.0456	0.059	0.060	0.0658	133.46
2000	0.0304	0.039	0.039	0.0433	83.84
1000	0.0152	0.019	0.019	0.0217	41.71
500	0.0076	0.009	0.009	0.0127	22.18



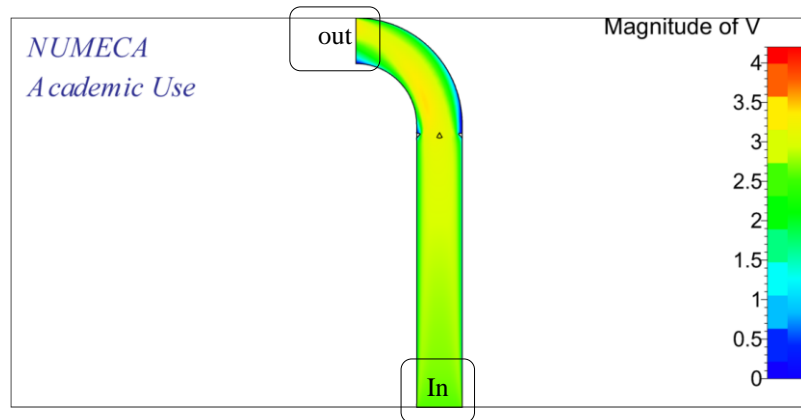
Grafik 5. Data hasil simulasi variasi model standart pertama dengan menggunakan gaya gravitasi



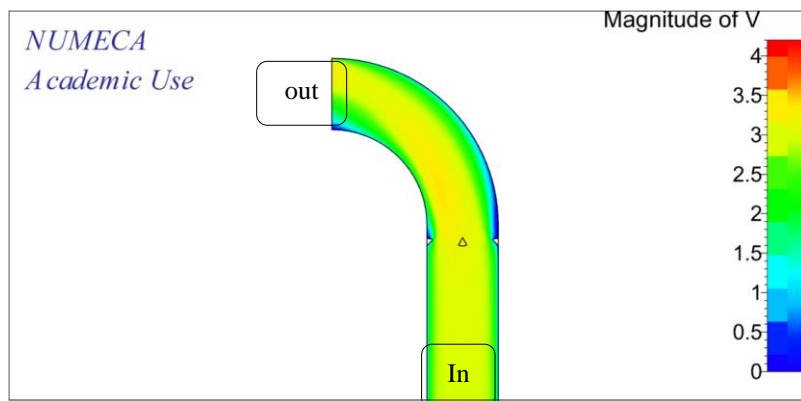
Grafik 6. Data hasil simulasi variasi model standart pertama tanpa menggunakan gaya gravitasi

4.5.2 Hasil modifikasi model standart kedua

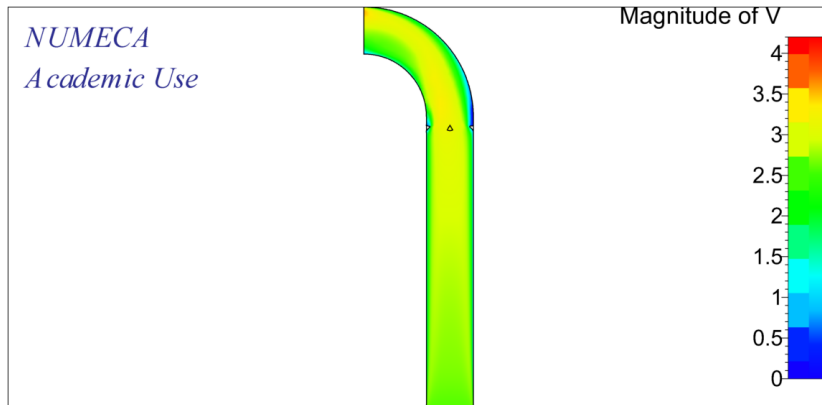
Dalam simulasi kedua ini akan dilakukan simulasi dengan penambahan *vortex generator* pada jarak sebesar $0.1 R$ dari jarak radius pipa elbow atau peletakan *vortex generator* pada posisi 375 mm dari inlet pipa elbow.



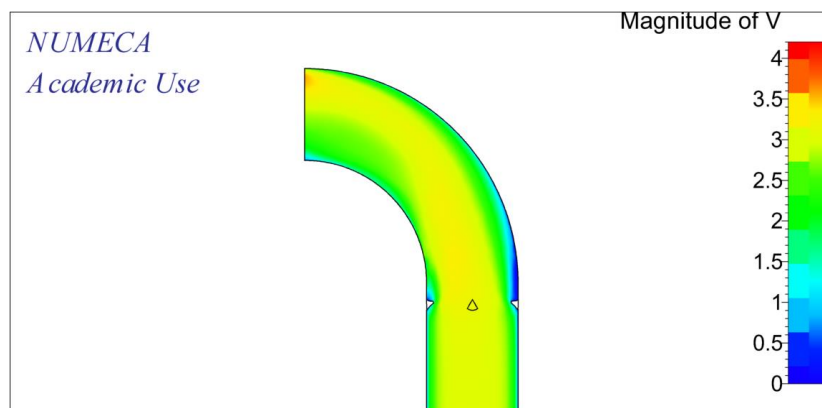
Gambar 71. Hasil simulasi kecepatan aliran pada model dengan penambahan *vortex generator* pada posisi inlet $0.1R$ elbow dengan gaya gravitasi pada $Re\ 250000$



Gambar 72. Hasil simulasi kecepatan aliran pada model dengan penambahan *vortex generator* pada posisi inlet $0.1 R$ tanpa gaya gravitasi pada $Re\ 250000$

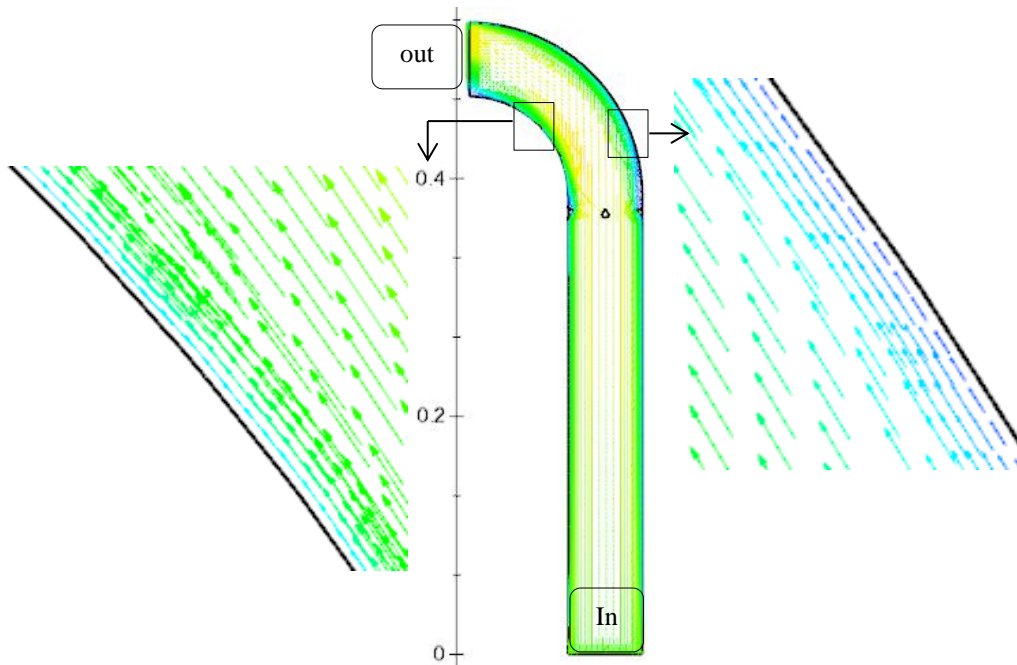


Gambar 73. Hasil simulasi kecepatan aliran spesifik pada model dengan penambahan *vortex generator* pada posisi 0.1R elbow dengan gaya gravitasi pada Re 250000

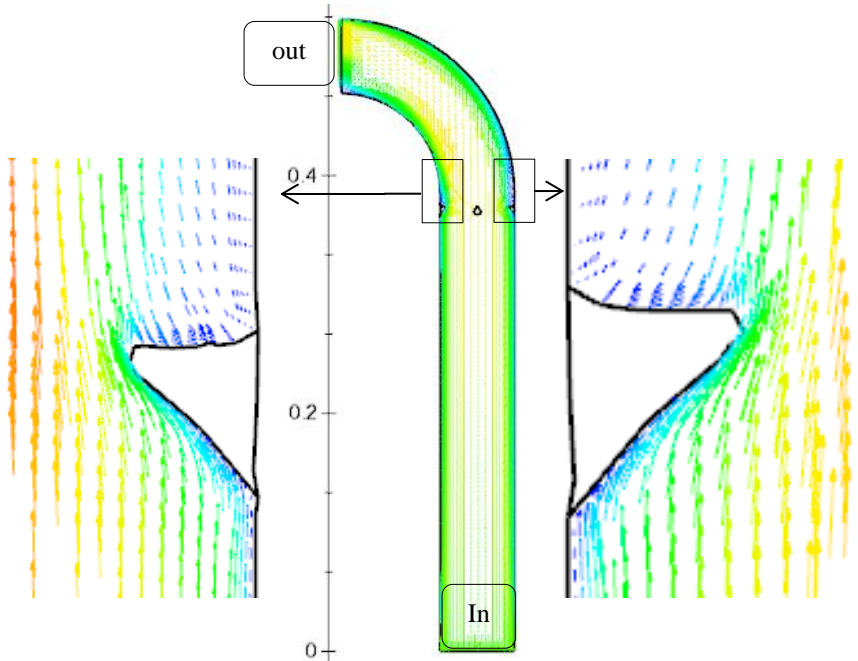


Gambar 74. Hasil simulasi kecepatan aliran spesifik pada model dengan penambahan *vortex generator* pada posisi inlet 0.1R elbow tanpa gaya gravitasi pada Re 250000

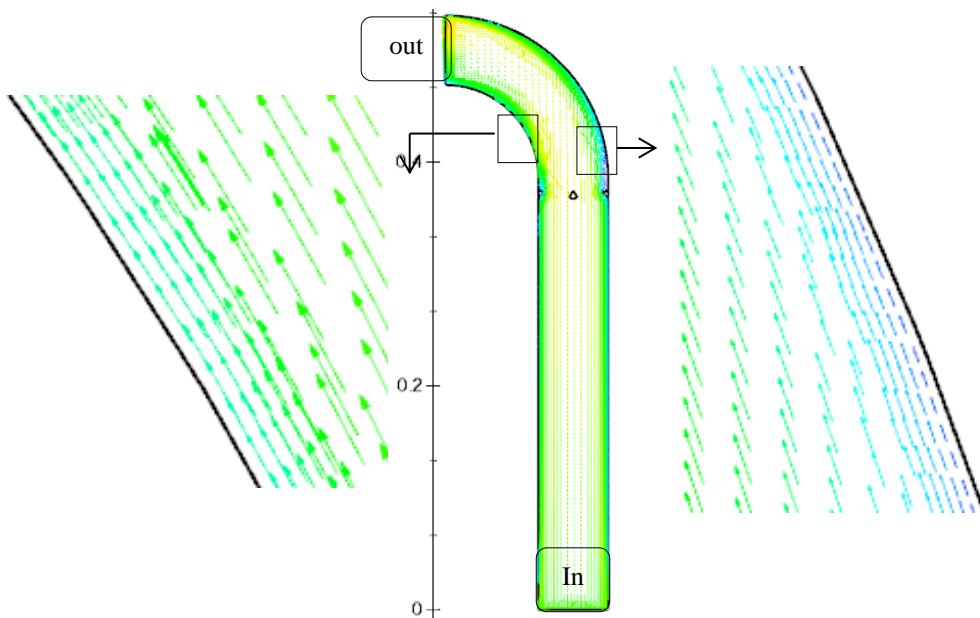
Dari penambahan vortex generator dapat dilihat dari hasil simulasi perubahan kecepatan aliran pada sisi *outer elbow*. Dengan hasil tersebut dapat dibuktikan bahwa penambahan vortex generator mampu mengurangi atau mereduksi kecepatan aliran dengan jarak 0.1R dari inlet elbow di dalam sistem.



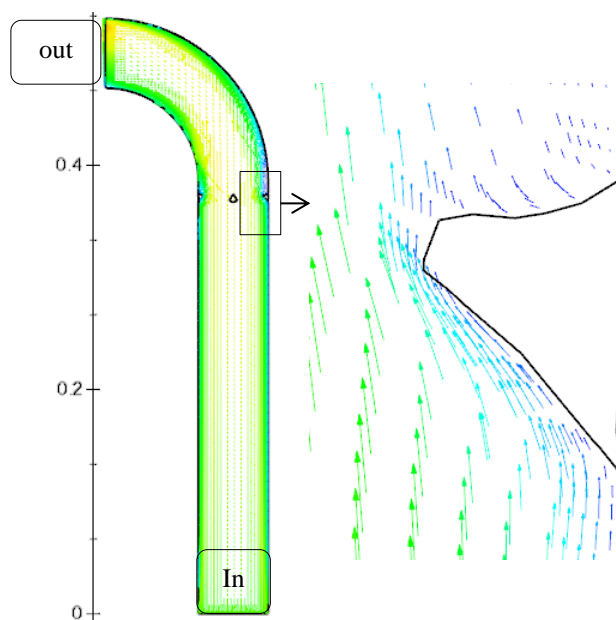
Gambar 75. Kontur vektor pada bagian Inner dan outer elbow dengan gaya gravitasi pada Re 250000



Gambar 76. Kontur vektor pada bagian Inner dan outer elbow dengan gaya gravitasi pada Re 250000

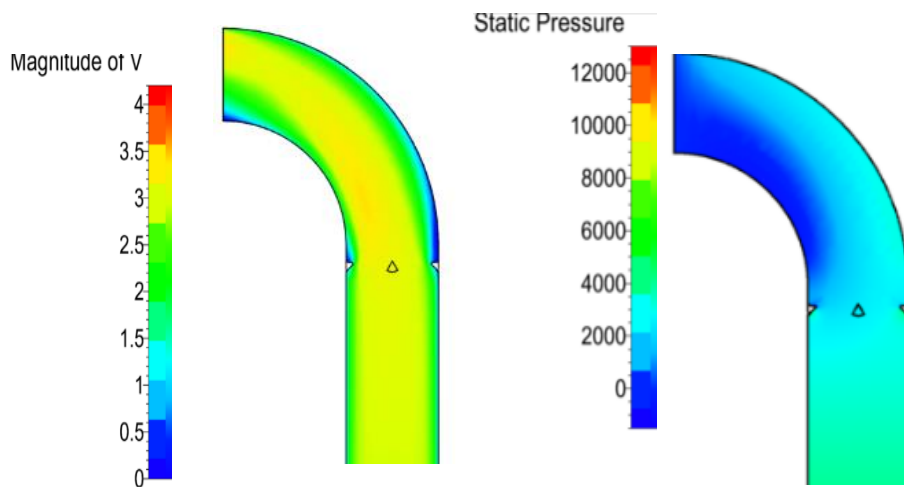


Gambar 77. Kontur vektor pada bagian Inner dan outer elbow tanpa gaya gravitasi pada Re 250000

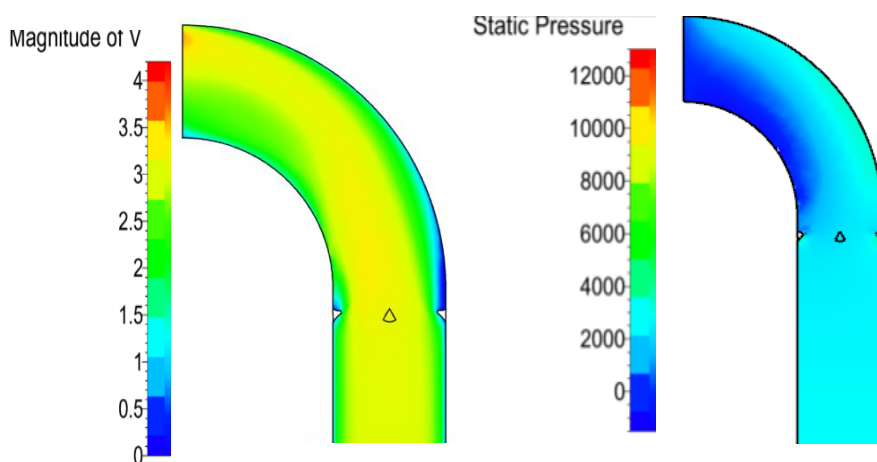


Gambar 78. Kontur vektor pada bagian Inner dan outer elbow tanpa gaya gravitasi pada Re 250000

Dari gambar 75 gambar 76 gambar 77 gambar 78 kita dapat mengetahui bentuk vector aliran yang terjadi di bagian yang berbenturan dengan *vortex generator*. Dari vector tersebut kita dapat mengetahui bahwa dengan penambahan *vortex generator* dapat mengurangi kecepatan aliran yang terjadi di dalam pipa. Sedangkan untuk penambahan *vortex generator* tersebut resiko yang dapat terjadi adalah terjadi nya turbulensi aliran setelah melewati *vortex generator* namun masih dalam skala yang relative lebih kecil.



Gambar 79. Perbandingan kecepatan aliran dan tekanan pada modifikasi model kedua dengan gaya gravitasi pada Re 250000



Gambar 80. Perbandingan kecepatan aliran dan tekanan pada modifikasi model kedua dengan gaya gravitasi pada Re 250000

Dari gambar 79 gambar 80 kita dapat mengetahui bentuk kontur kecepatan dan kontur tekanan pada pipa lurus akibat penambahan *vortex generator*, pada di dalam pipa mengalami peningkatan kecepatan aliran namun tekanan di dalam pipa relative lebih berkurang.

Tabel 14. Data hasil simulasi variasi model standart pertama dengan menggunakan gaya gravitasi

Reynold Number (Re)	Kecepatan (m/s) Awal	Kecepatan Hasil Running pada titik pertama(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik kedua(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik ketiga(m/s)	Tekanan Hasil Running
250000	2.5853	3	3.12	3.3832	11016.6
200000	2.0683	2.4400	2.5300	2.6924	8354.16
100000	1.0341	1.2900	1.3300	1.3649	6009.22
50000	0.5171	0.5100	0.3890	0.8482	5537.88
5000	0.0517	0.064	0.074	1.4151	19335.3
4000	0.0414	3.32	3.71	10.8505	11534.0
3000	0.0310	0.022	0.036	2.8196	4234.94
2000	0.0207	0.3820	0.4720	7.9635	29007.8
1000	0.0103	0.0220	0.4380	2.9312	17786
500	0.0052	0.042	0.062	0.7876	2542.84

Tabel 15. Data hasil simulasi variasi model standart pertama tanpa menggunakan gaya gravitasi

Reynold Number (Re)	Kecepatan (m/s) Awal	Kecepatan Hasil Running pada titik pertama(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik kedua(m/s)	Kecepatan Hasil Running pada titik ketiga(m/s)	Tekanan Hasil Running
250000	2.5853	3.000	3.130	4.1692	12909.2
200000	2.0683	2.440	2.560	3.0854	9853.31
100000	1.0341	1.290	1.330	1.8771	4291.78
50000	0.5171	0.670	0.684	1.2936	1885.94
5000	0.0517	0.067	0.069	0.0899	154.84
4000	0.0414	0.053	0.054	0.0772	123.06
3000	0.0310	0.039	0.040	0.0717	91.81
2000	0.0207	0.026	0.027	0.0336	60.03
1000	0.0103	0.012	0.013	0.0199	31.65
500	0.0052	0.006	0.006	0.0113	16.12



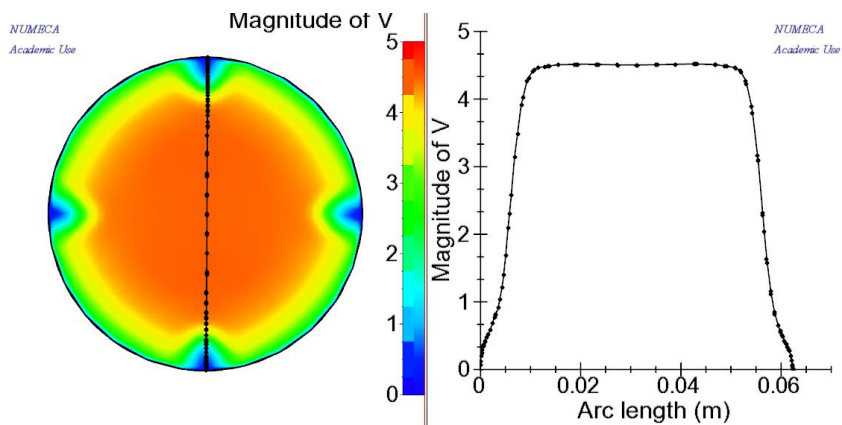
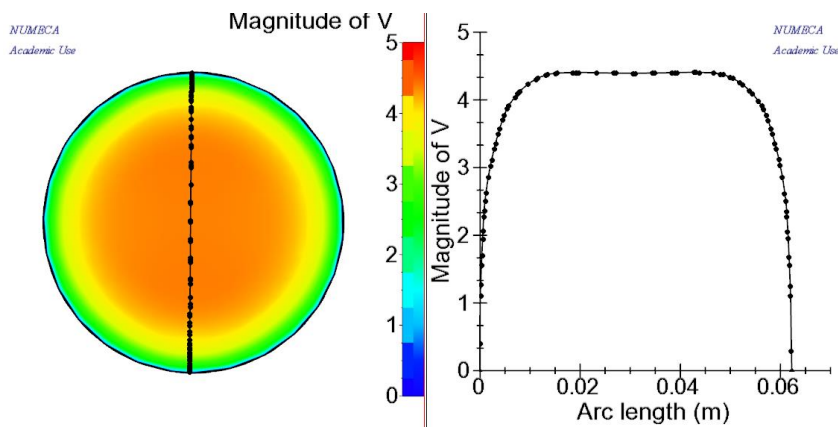
Grafik 7. Data hasil simulasi variasi model standart pertama dengan menggunakan gaya gravitasi

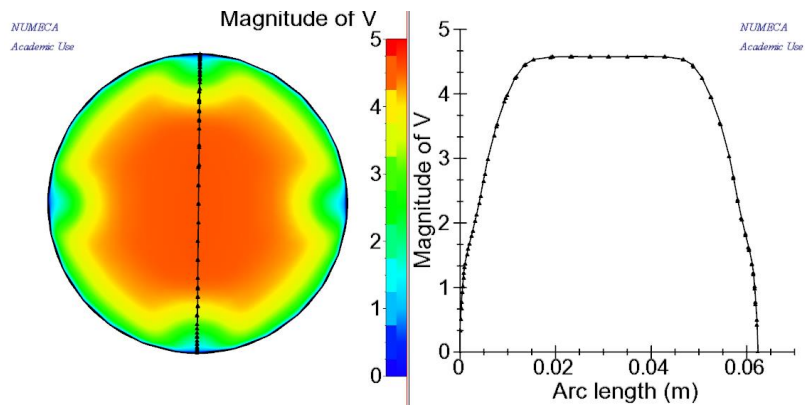


Grafik 8. Data hasil simulasi variasi model standart pertama tanpa menggunakan gaya gravitasi

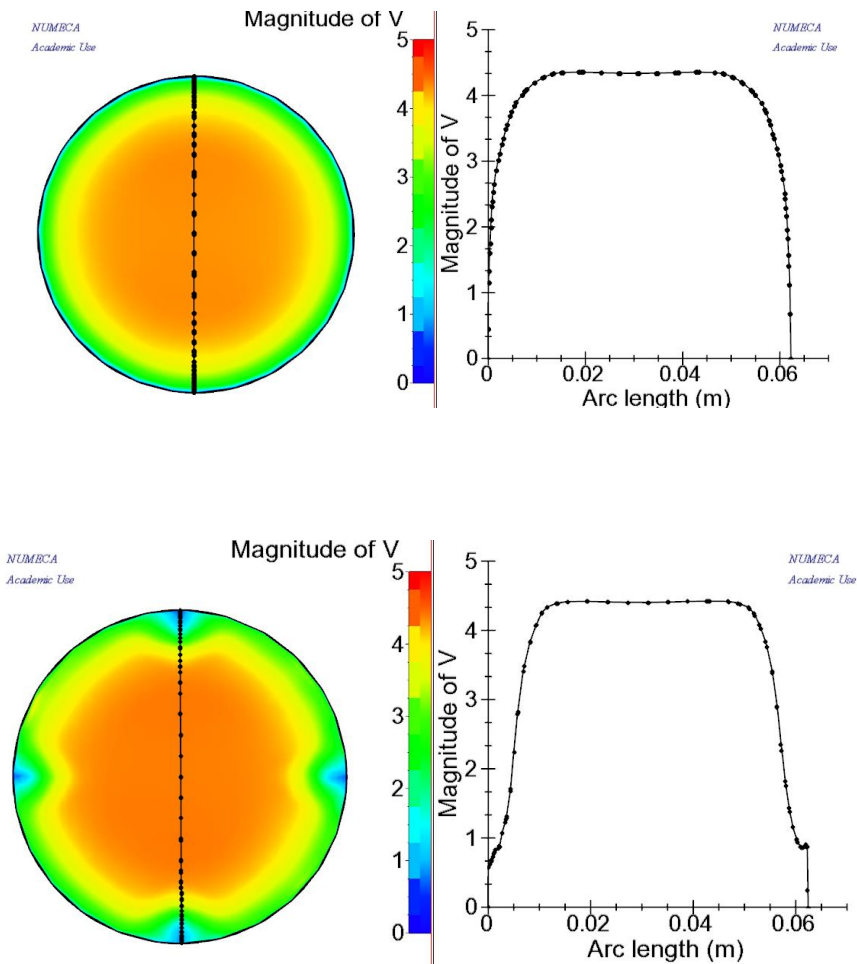
Pada analisa selanjutnya akan diperlihatkan kontur kecepatan aliran pada potongan model secara melintang berdasarkan posisi yang telah di atur. Untuk jarak potongan yang pertama terletak pada kondisi kecepatan aliran sebelum memasuki mengenai vortex generator, untuk potongan selanjutnya terletak pada kondisi kecepatan mengenai vortex generator dan selanjutnya potongan terletak pada kondisi kecepatan aliran setelah mengenai vortex generator. Untuk lebih spesifiknya berikut ini merupakan penjelasan posisi tiap-tiap potongan.

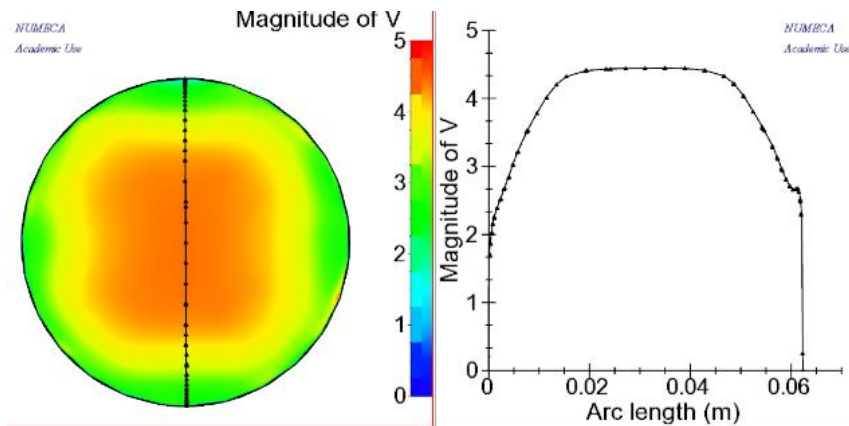
Perubahan kecepatan aliran pada ke tiga sisi tersebut diperjelas dengan analisa berupa grafik kecepatan aliran pada potongan setiap section. Pada potongan akan di tentukan titik titik untuk mengetahui kondisi kecepatan pada titik tersebut.



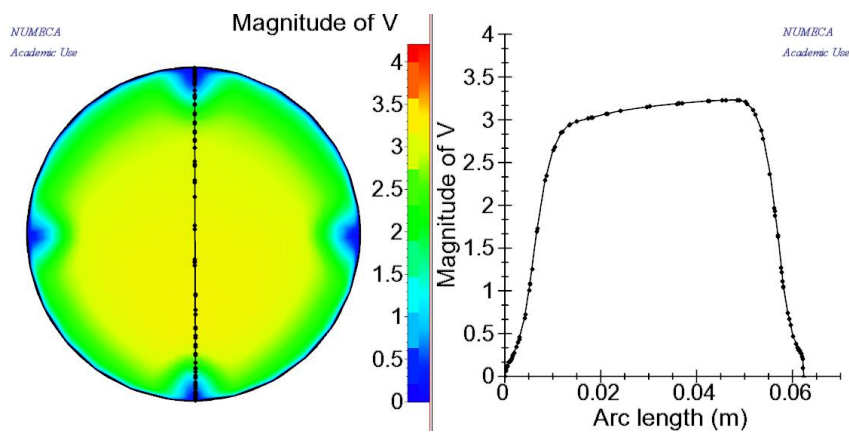
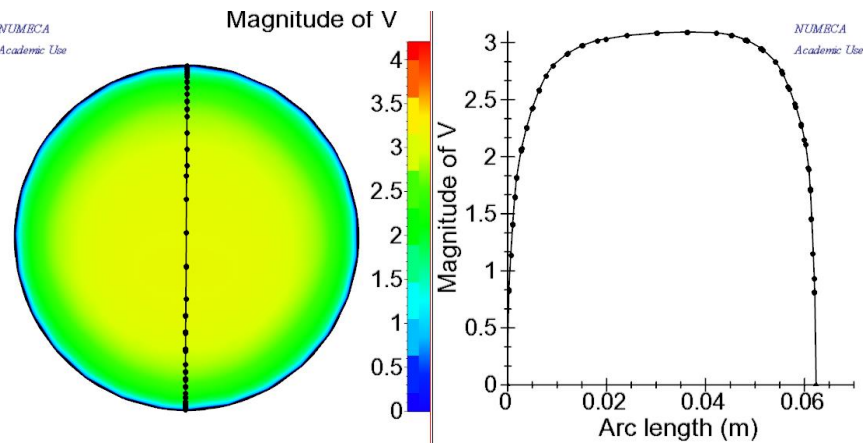


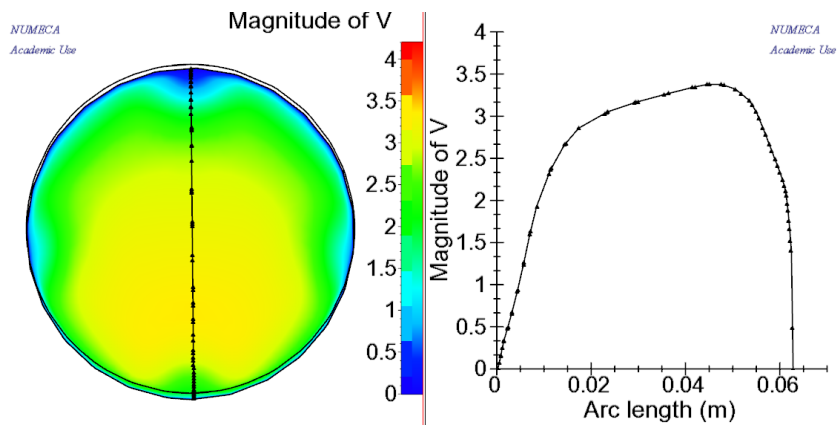
Gambar 81. Kecepatan aliran pada model pipa lurus dengan gaya gravitasi pada $Re = 250000$



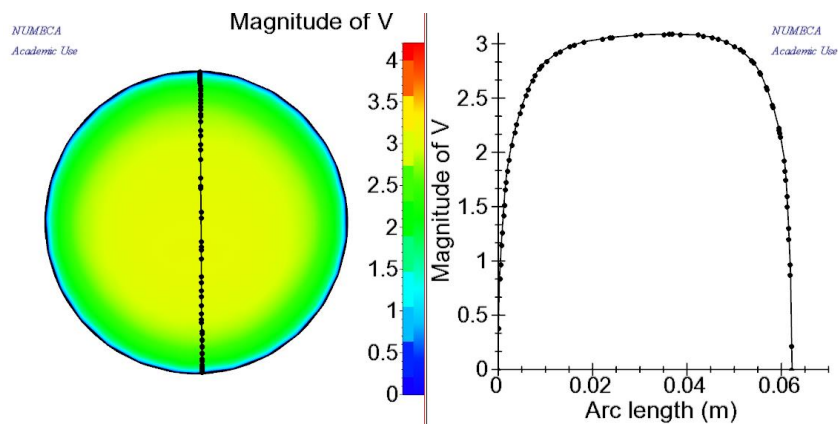


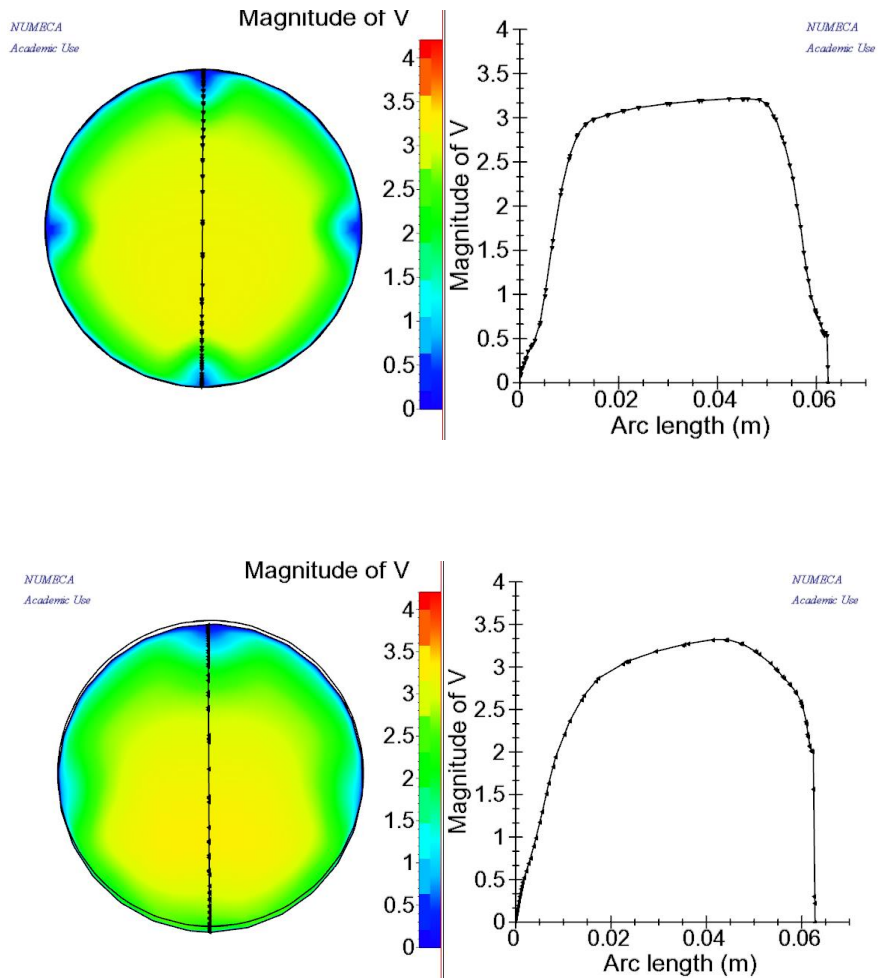
Gambar 82. Kecepatan aliran pada model pipa lurus tanpa gaya gravitasi pada $Re\ 250000$





Gambar 83. Kecepatan aliran pada model pipa elbow dengan gaya gravitasi pada $Re\ 250000$





Gambar 84. Kecepatan aliran pada model pipa elbow tanpa gaya gravitasi pada $Re\ 250000$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa yang telah dilakukan dengan tujuan akhir berupa modifikasi sistem untuk menanggulangi permasalahan kerusakan elbow , maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dapat diketahui bahwasannya kerusakan elbow terjadi karena adanya kecepatan aliran berlebih pada sistem yang mengenai bagian *outer elbow* yang sering disebut dengan fenomena korosi erosi. Karena kecepatan yang tinggi maka aliran akan mengikis lapisan pelindung pipa sehingga akan timbul bagian bagian yang tajam yang sangat berpengaruh pada timbulnya korosi.
2. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dapat diketahui bahwasannya pipa yang belum di pakai vortex generator dan sesudah di pakai vortex generator sangat dipengaruhi dengan gaya gravitasi dan tanpa gravitasi.
3. Dengan penambahan Vortex Generator atau sistem pengacau aliran terbukti dapat mengurangi kecepatan aliran berlebih pada bagian terdampak korosi erosi didalam pipa.
4. Peletakan Vortex Generator memiliki hasil yang paling efisien untuk menyelesaikan permasalahan erosi korosi pada pipa vertikal ketika ditempatkan pada jarak $0.1 R$ sebelum radius elbow dengan asumsi R adalah besarnya radius pada elbow.

5.2 Saran

1. Diperlukan studi yang menganalisa variasi penempatan *vortex generator* untuk mendapatkan hasil yang optimal.
2. Diperlukan studi yang menganalisa pengaruh jumlah *vortex generator* untuk mengurangi korosi erosi pada sistem tersebut.
3. Diperlukan studi yang menganalisa bentuk vortex generator sehingga dapat di capai bentuk yang paling optimal

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

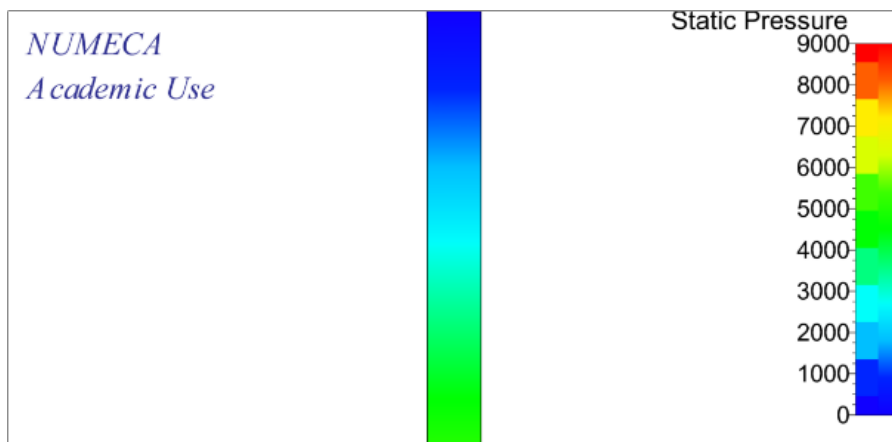
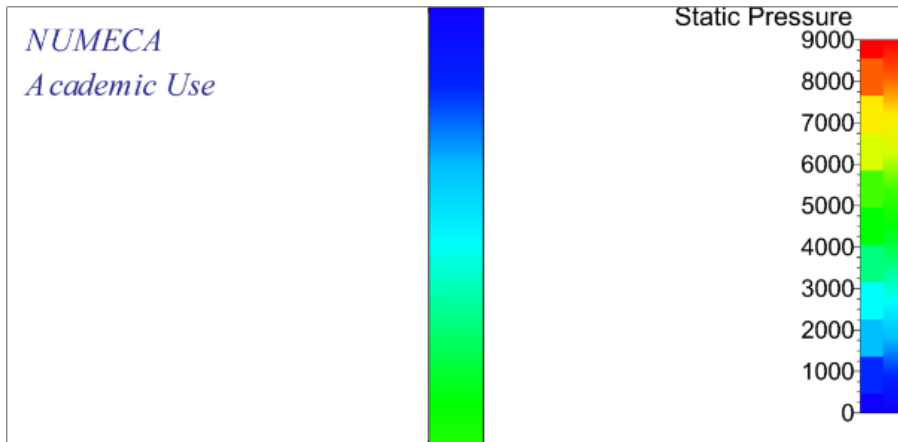
- 1) Adhika Pandyo, Nityoga.,(2012)*Studi pengaruh Ph lingkungan 4 terhadap laju korosi baja karbon API 5L X-52 sebagai pipa penyalur proses produksi gas alam yang mengandung gas CO₂ pada larutan NaCl 3.5 % dengan variasi laju aliran.*Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- 2) Fansyuri hamzah,(2017)*Analisa kerusakan fitting elbow pada sistem pendingin kondensor air conditioner*,Fakultas Teknik Kelautan,Institut Teknologi Sepuluh Nopember,Surabaya.
- 3) Bayuseno,A.B.,Handoko,Erizal Dwi. *Analisa Korosi Erosi Pada Baja Karbon Rendah dan Baja Karbon Sedang Akibat Aliran Air Laut.*
- 4) Wang,Lijun.,at all., 2016,*A Numerical study on efficient recovery of fine-grained minerals with vortex generators in pipe flow unit of a cyclonic-statis micro bubble flotation column.* China University of Mining, Jiangsu,China.
- 5) Somawardi,dkk.,(2006), *Pengaruh kecepatan fluida dan konsentrasi NaCl terhadap kerusakan material dalam bentuk korosi*
- 6) Panaras,A.G.,LU,F.K., 2015. Micro-vortex generator for shock wave/boundary layer interaction. Prog. Aerosp. Sci. 74, 16-47
- 7) Widayanto,utama KAP,(2011),*Tentang CFD (Computational Fluid Dynamic).*
- 8) <https://www.scribd.com/doc/2012/07/Tugas-1-Siskal-Sistem-Pipa>.di akses pada tanggal 15 januari 2018.
- 9) <https://www.scribd.com/document/2014/11/Makalah-Sistem-Perpipaan-Sanitary-Air-Laut-Rules-DNV-Rudi-ft-uh>.di akses pada tanggal 02 februari 2018
- 10) <http://www.maritimeworld.web.id/2011/03/pipa-adalah-suatu-batang-silinder>.di akses pada tanggal 15 januari 2015.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

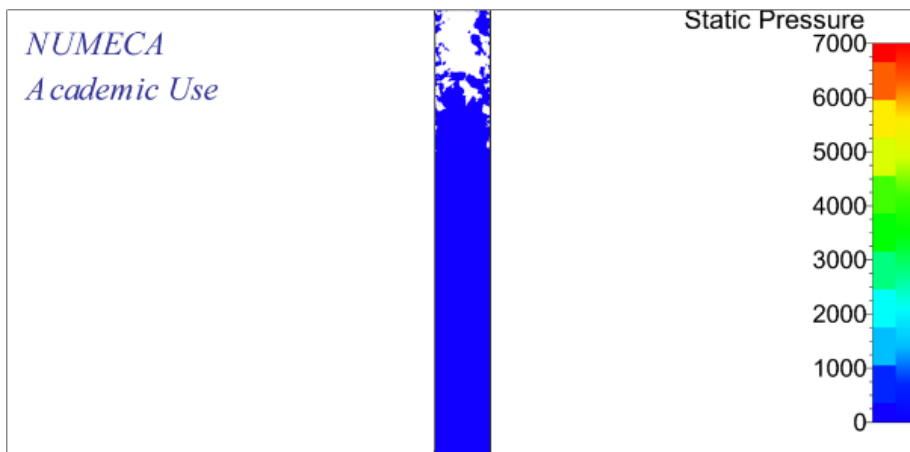
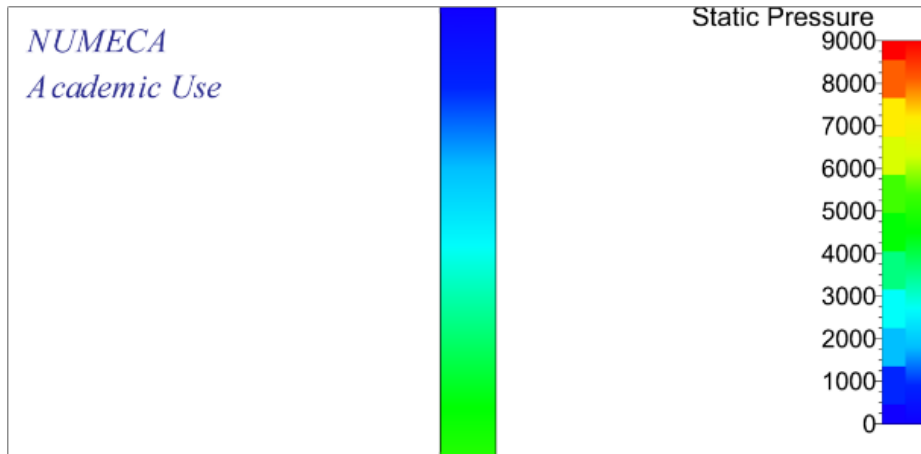
LAMPIRAN

1. Hasil Simulasi Model Pipa Standart Pertama

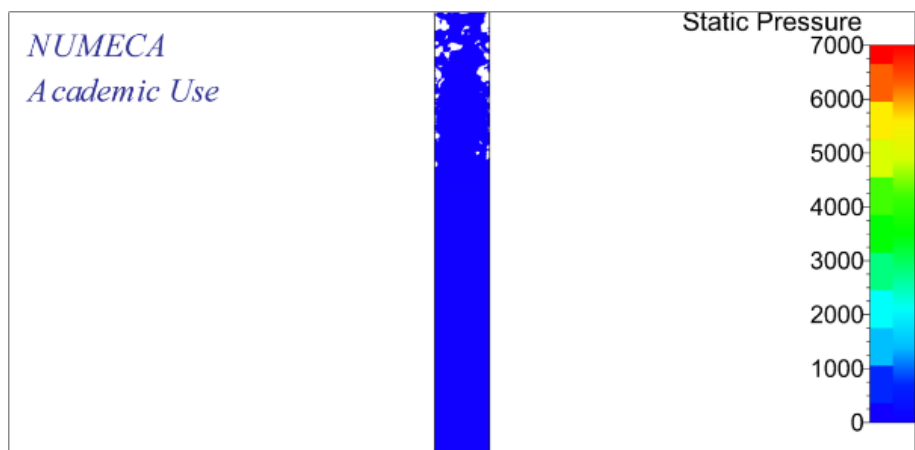
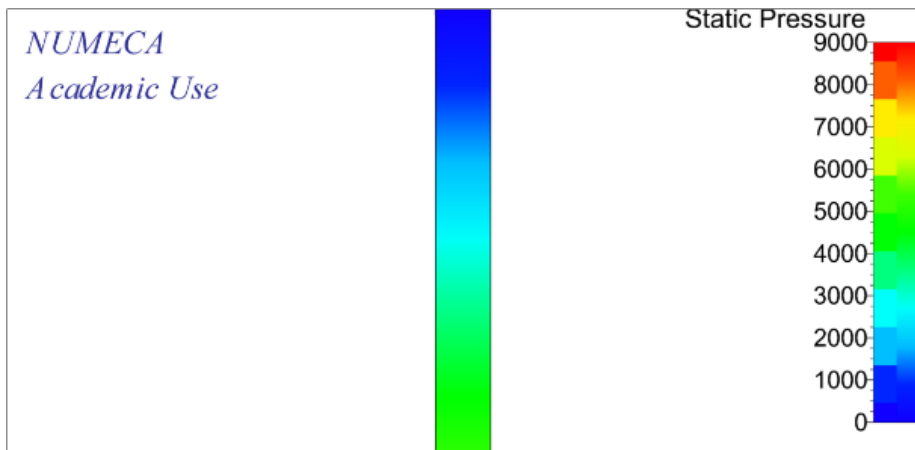
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 500 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



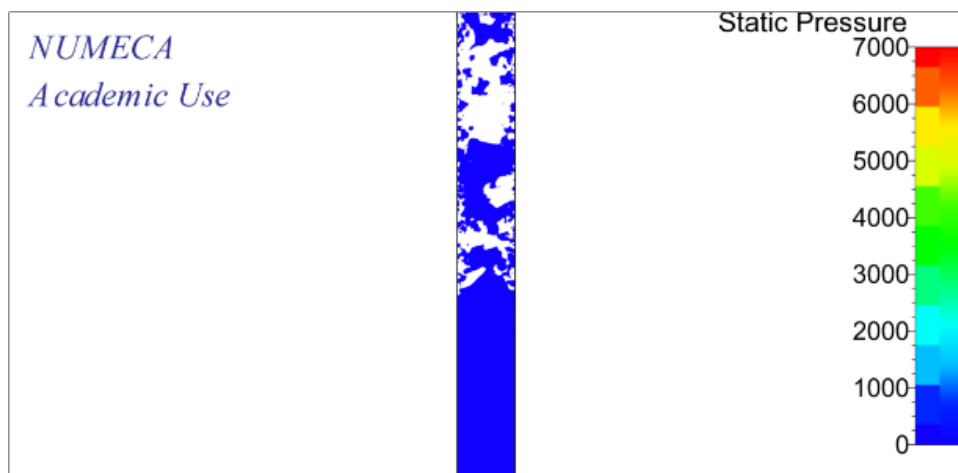
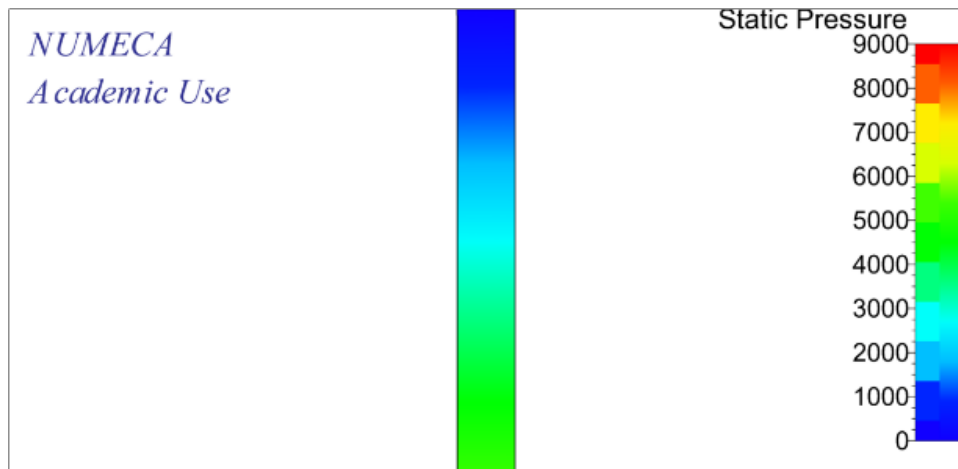
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 1000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



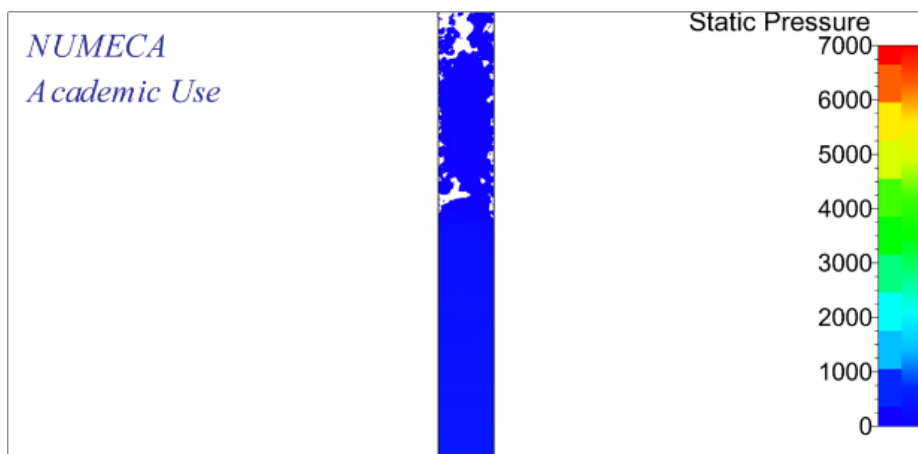
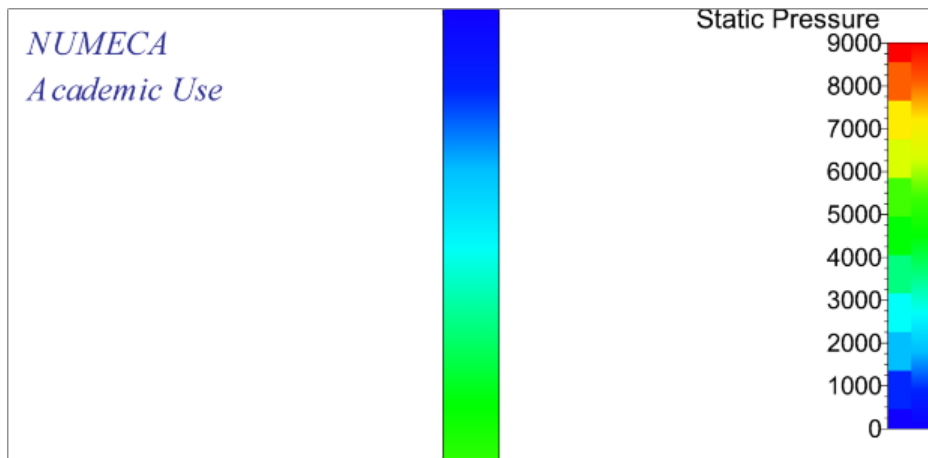
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 3000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



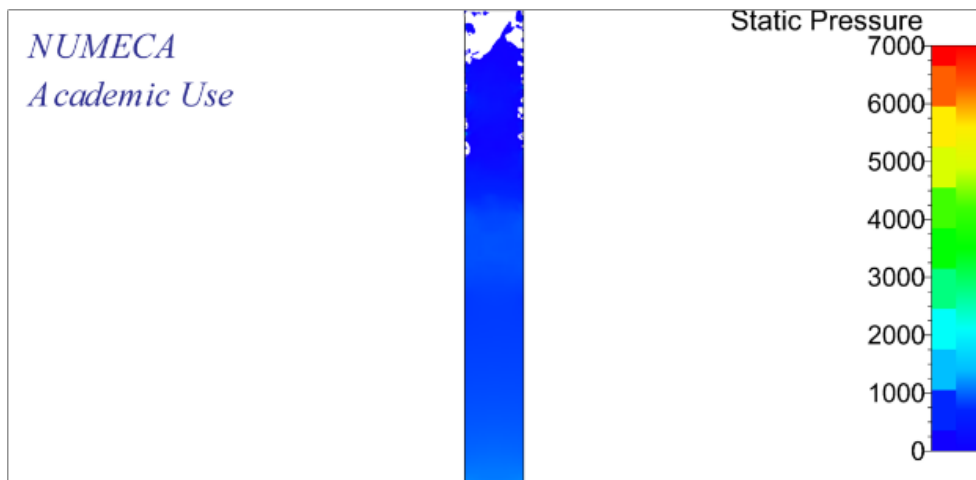
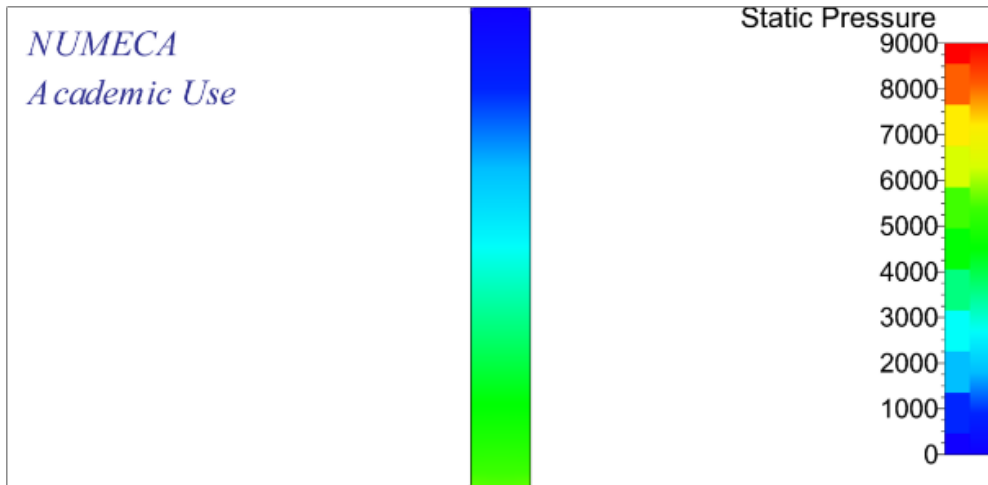
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 5000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



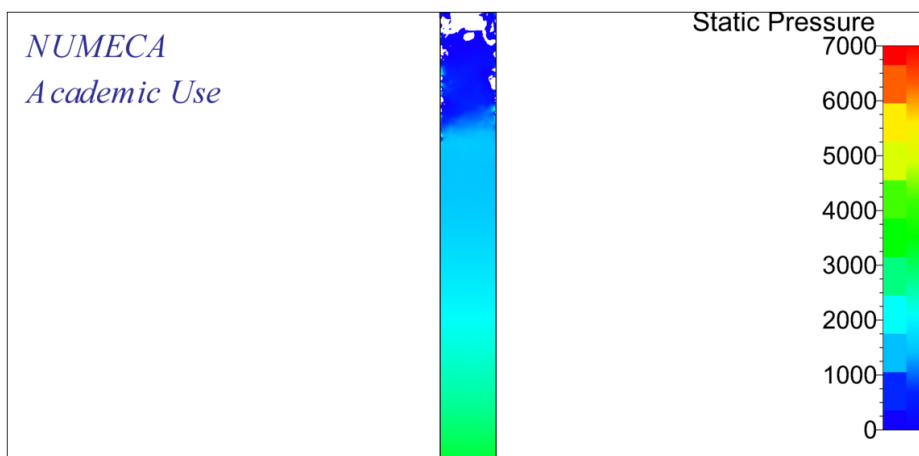
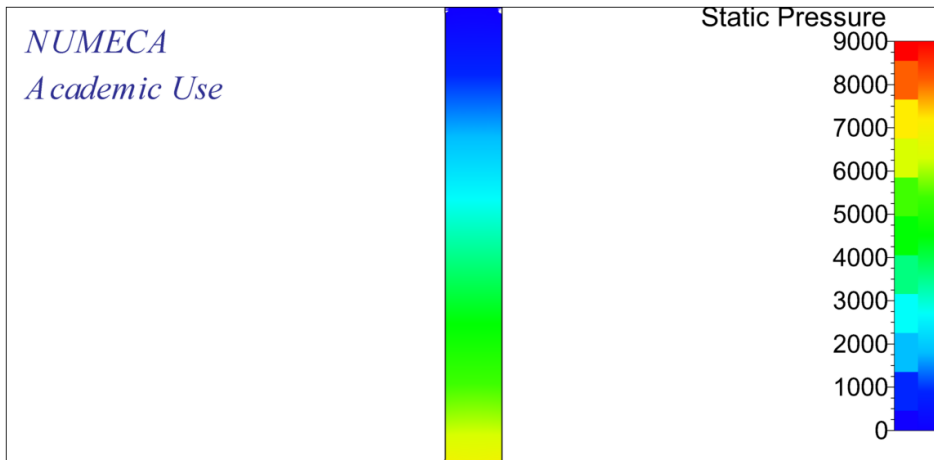
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 50000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



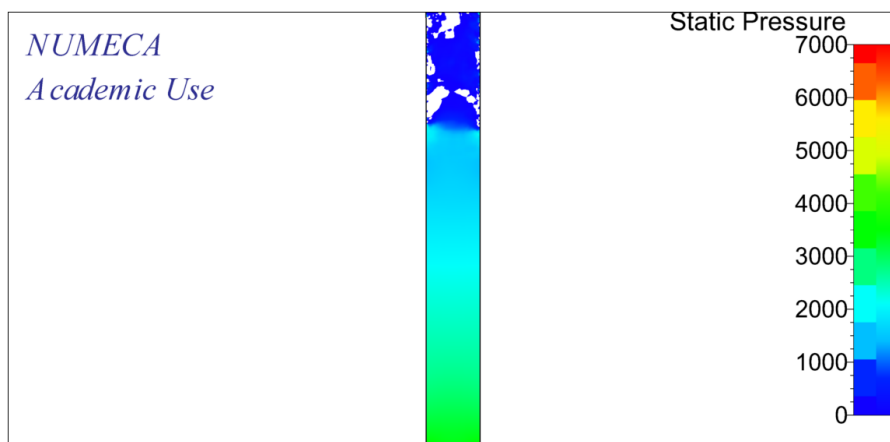
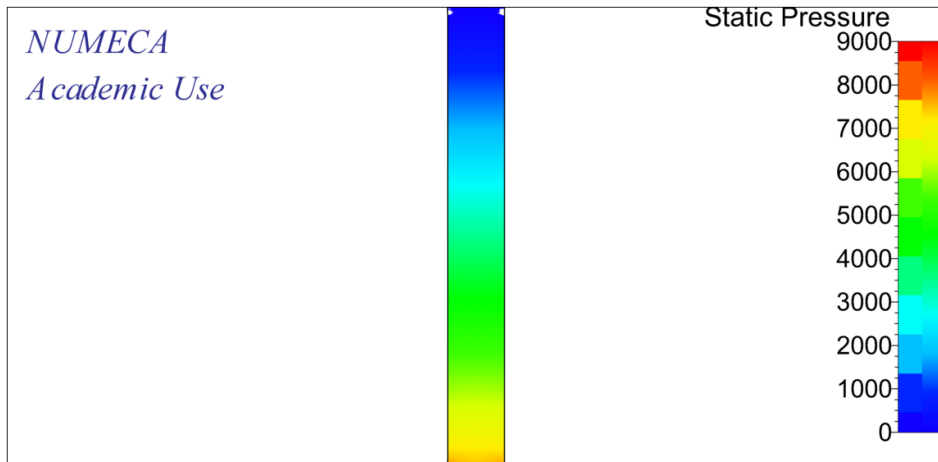
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 100000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 200000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi

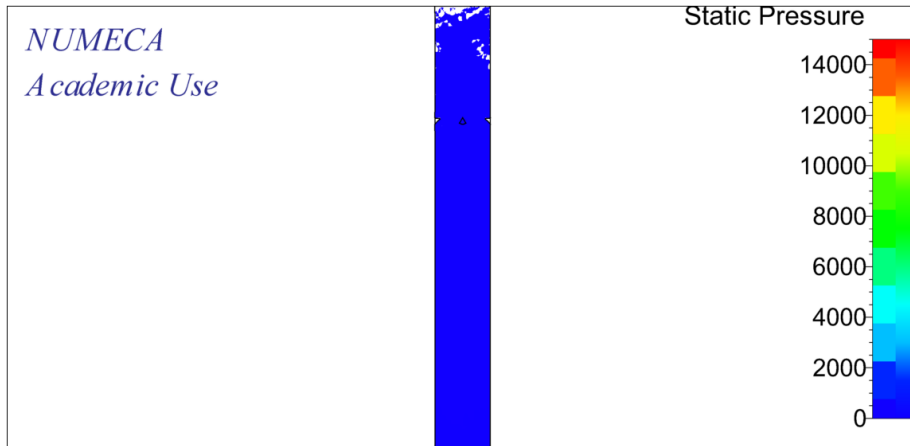
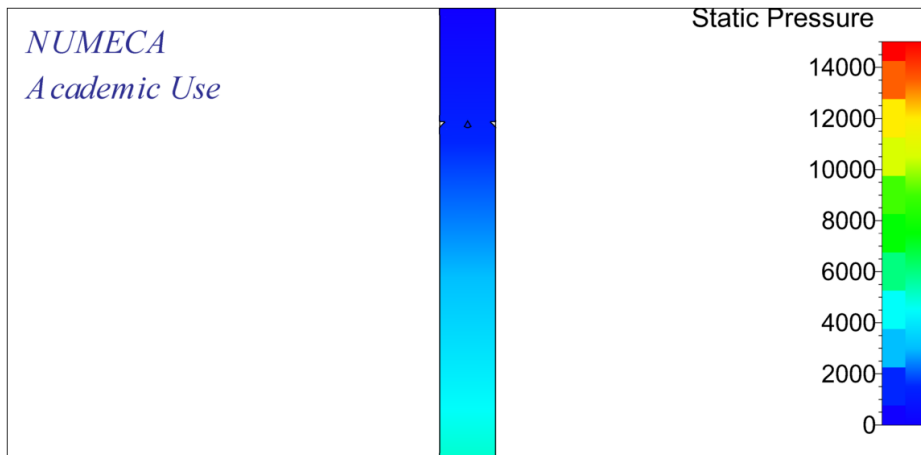


Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 250000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi

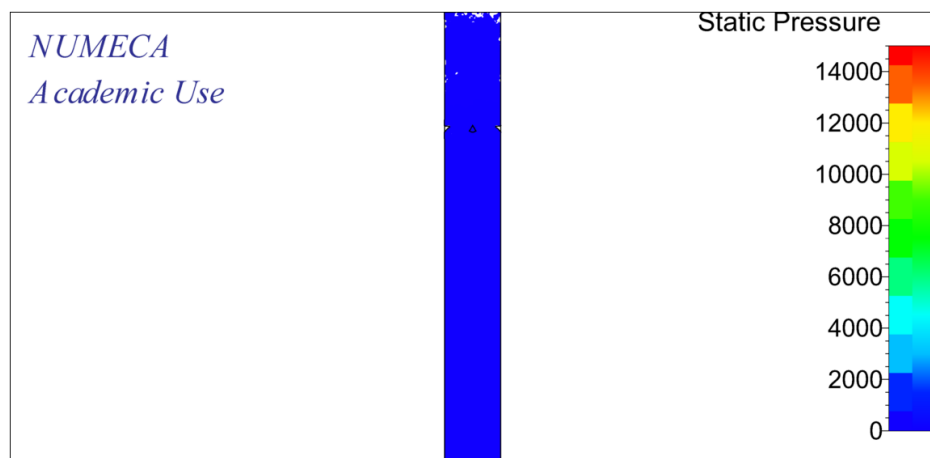
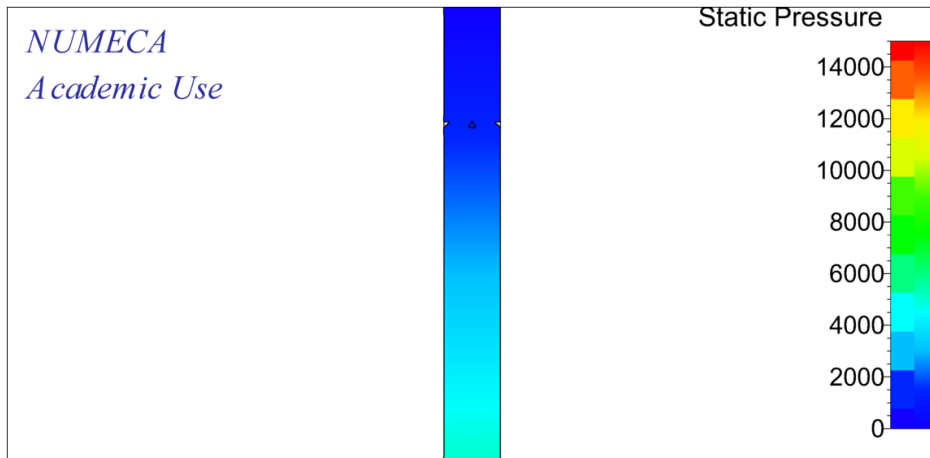


2. Hasil Simulasi Model Pipa Standart Modifikasi 1

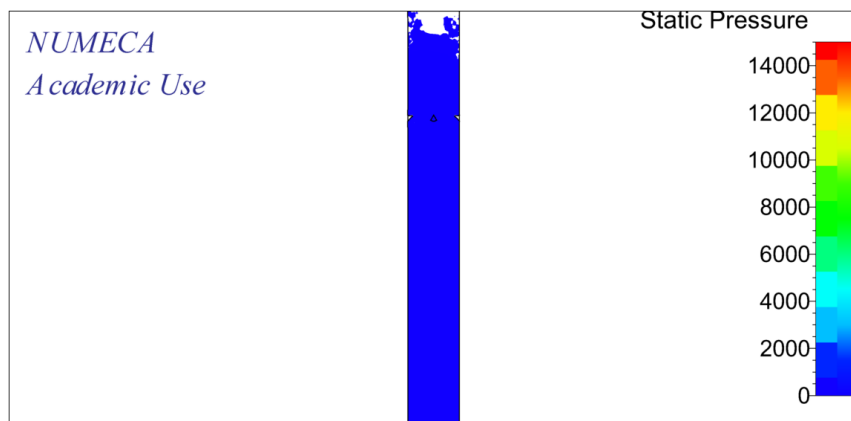
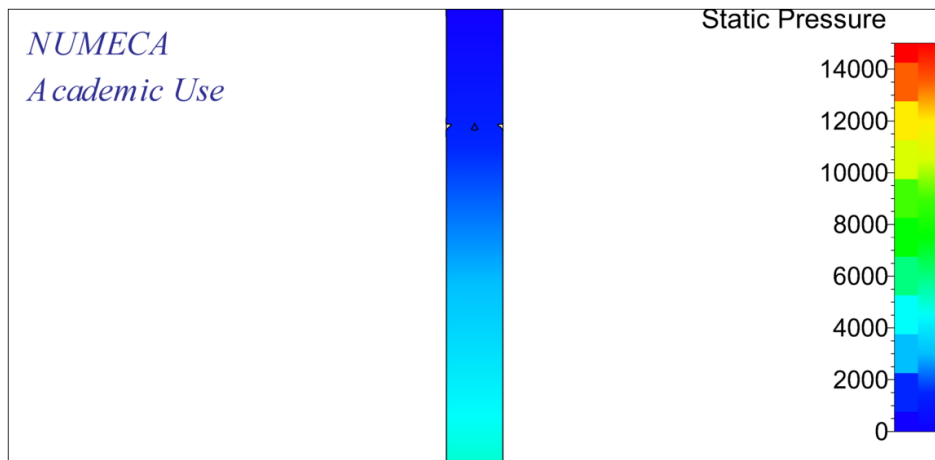
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 500 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



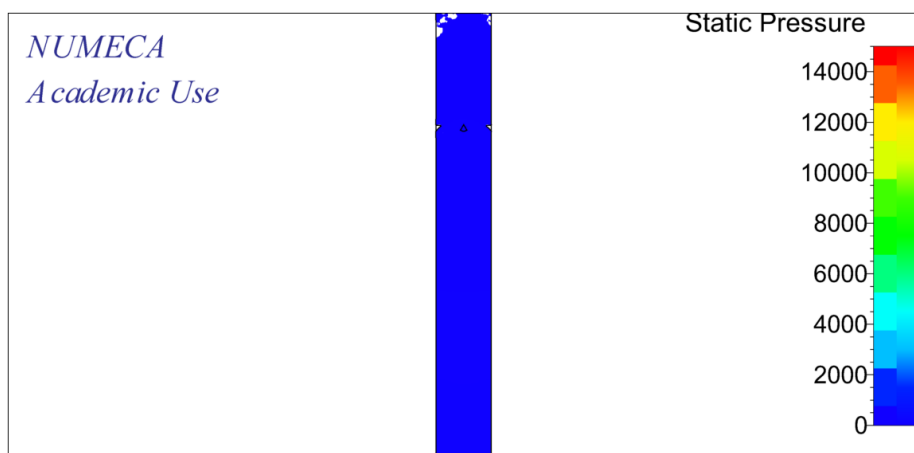
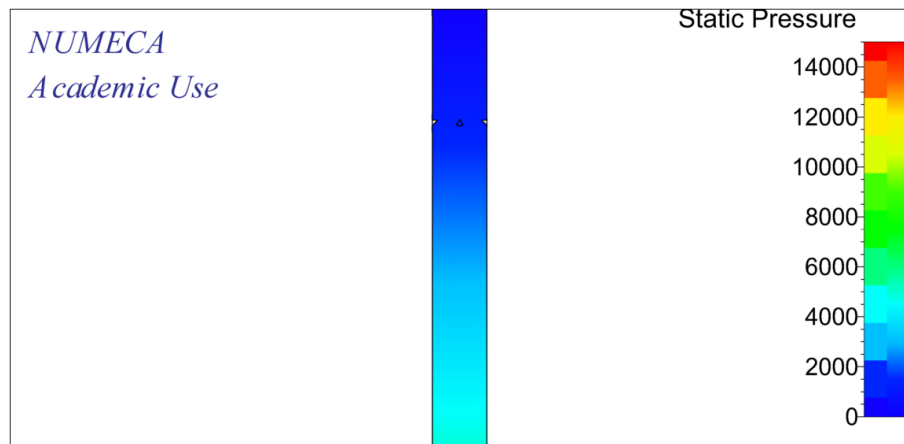
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 1000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



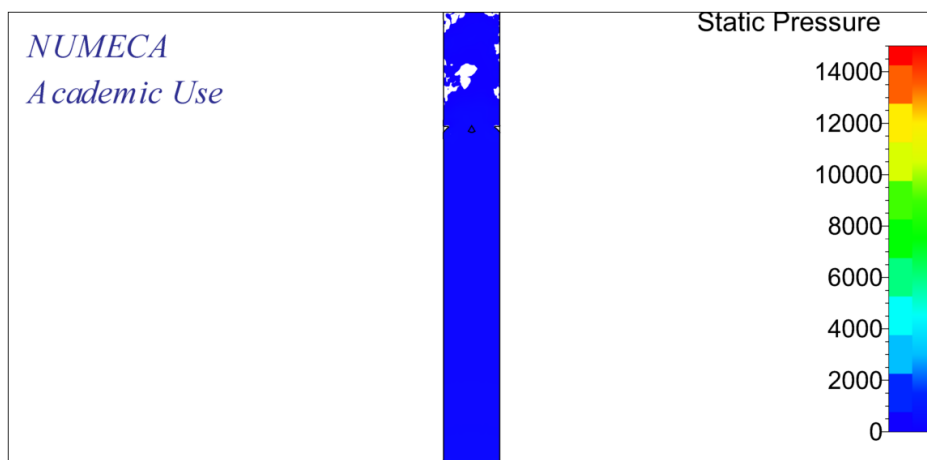
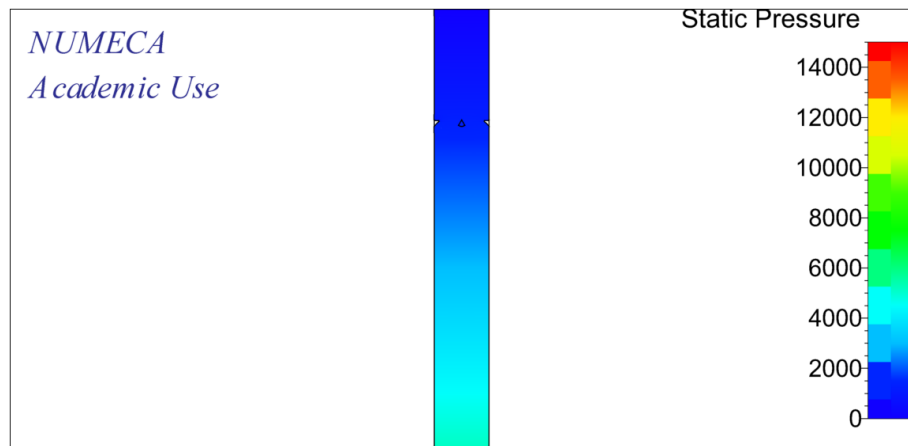
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 3000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



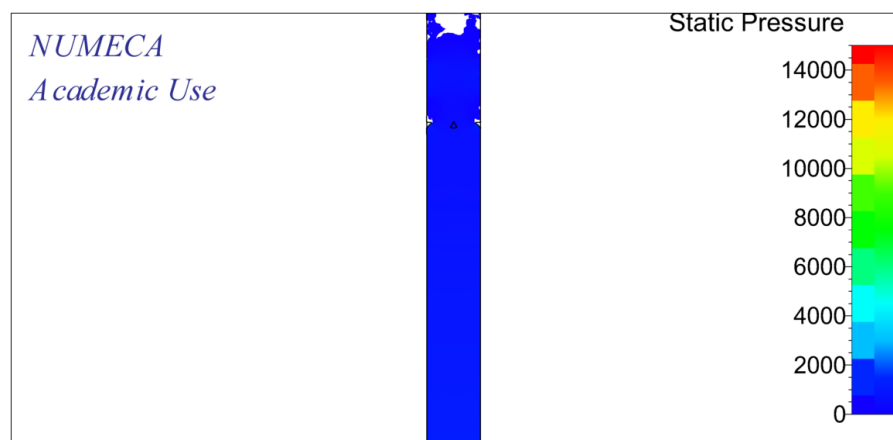
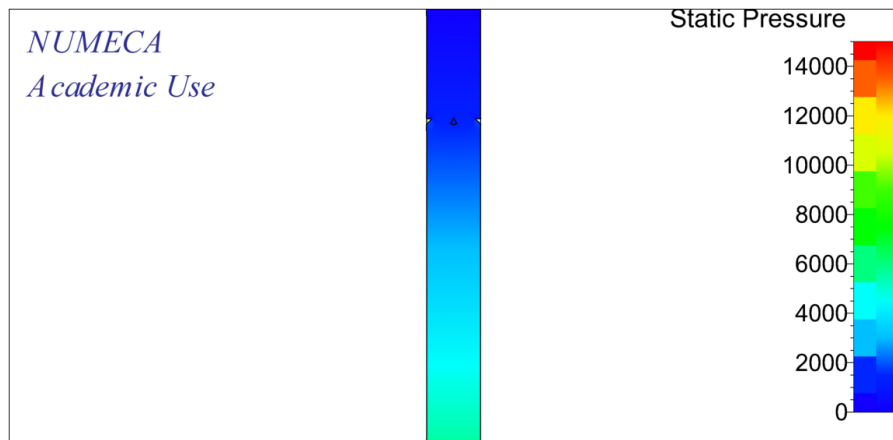
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 5000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



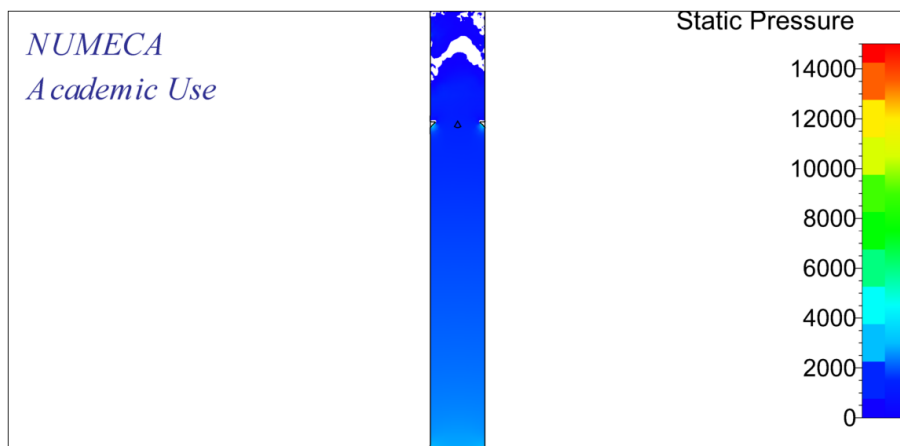
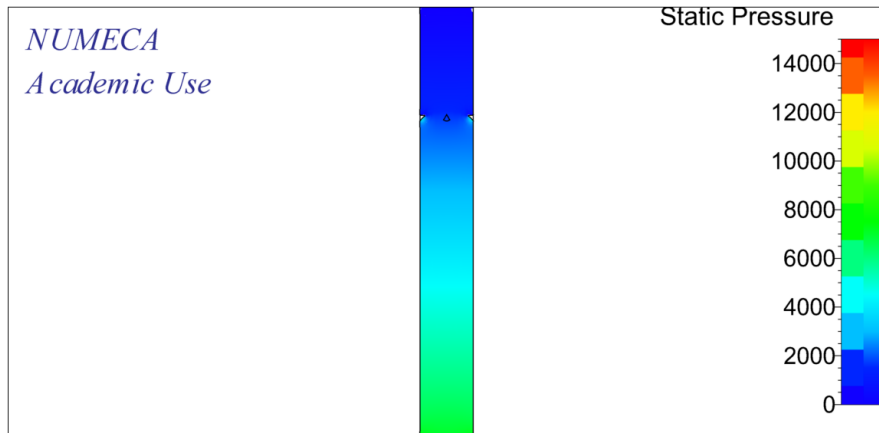
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 50000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



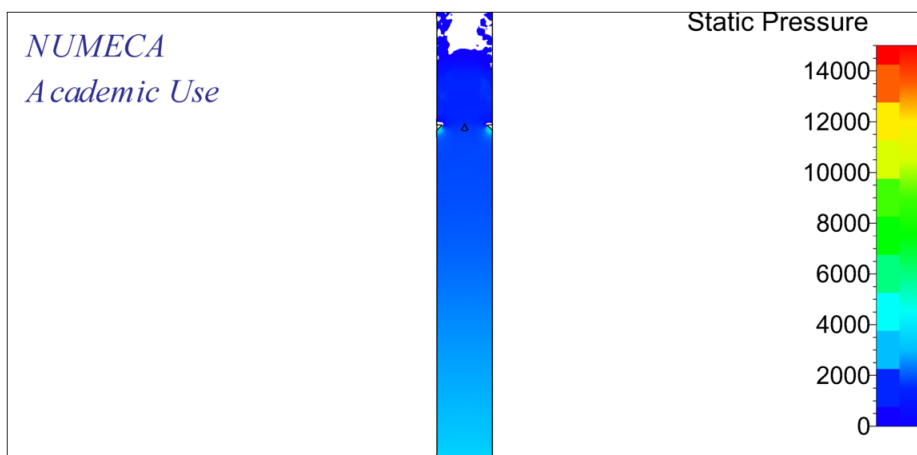
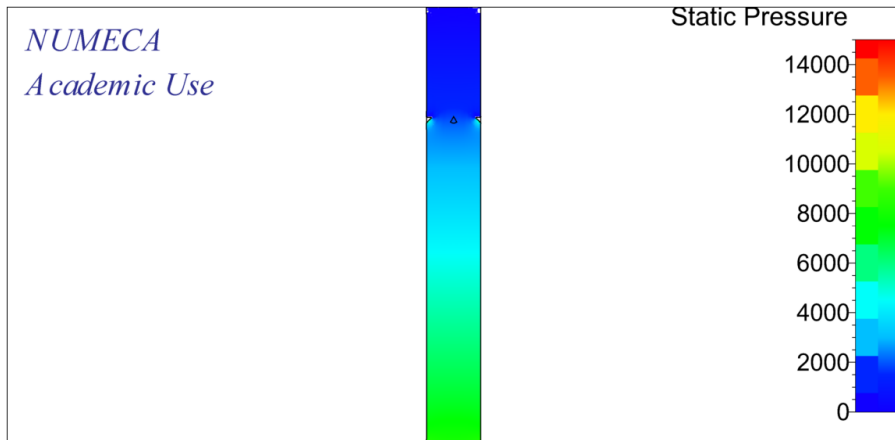
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 100000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 200000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi

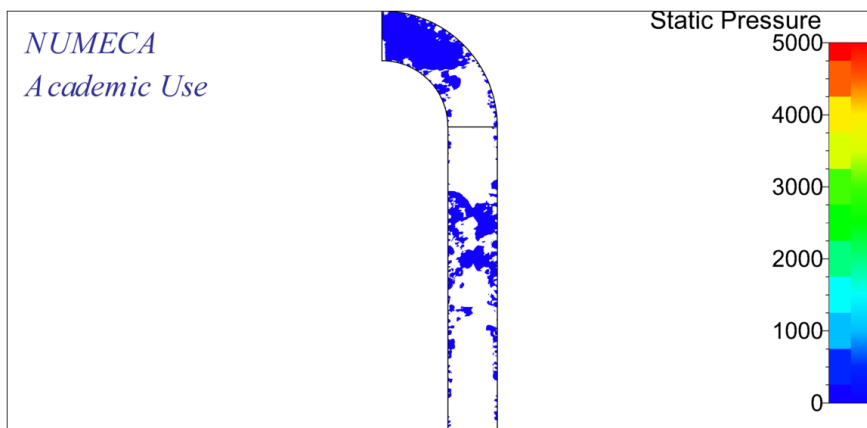
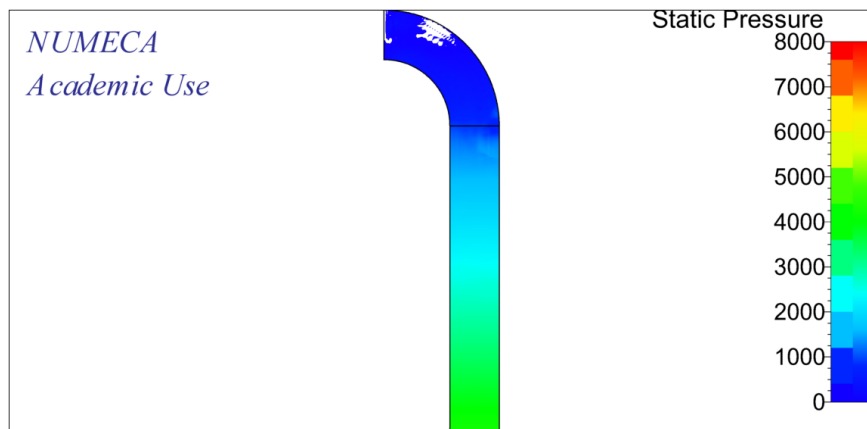


Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 250000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi

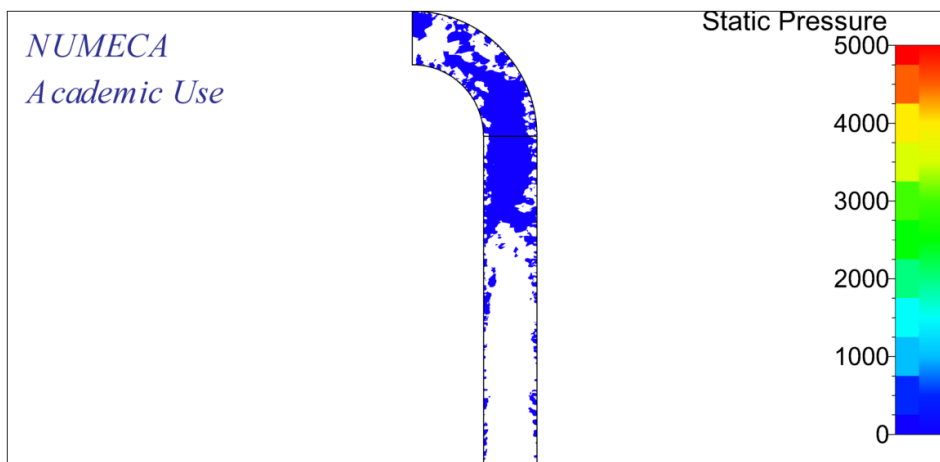
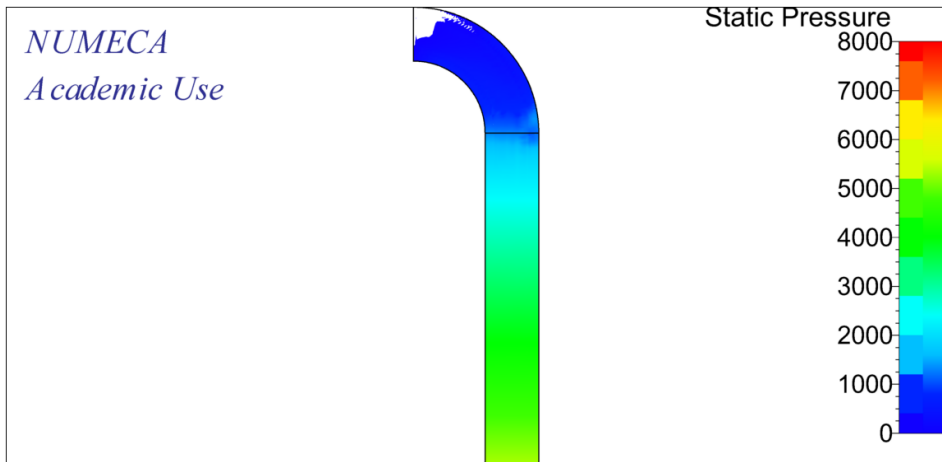


3. Hasil Simulasi Model Pipa Standart Kedua

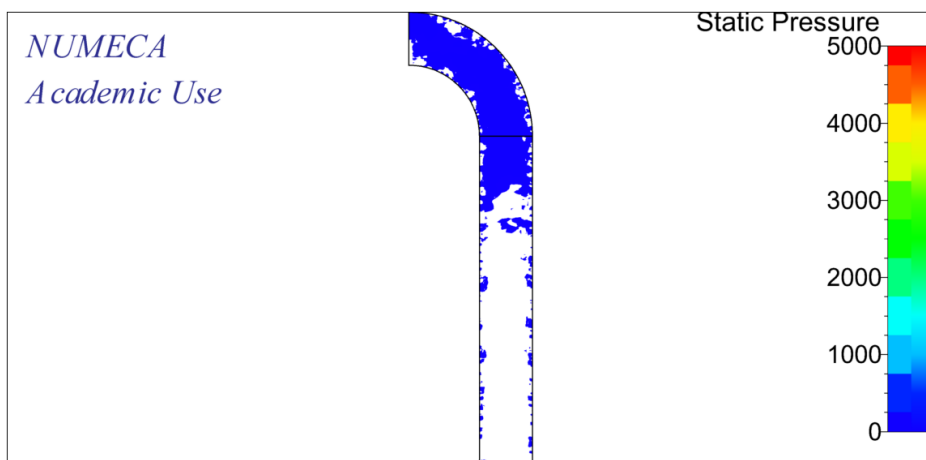
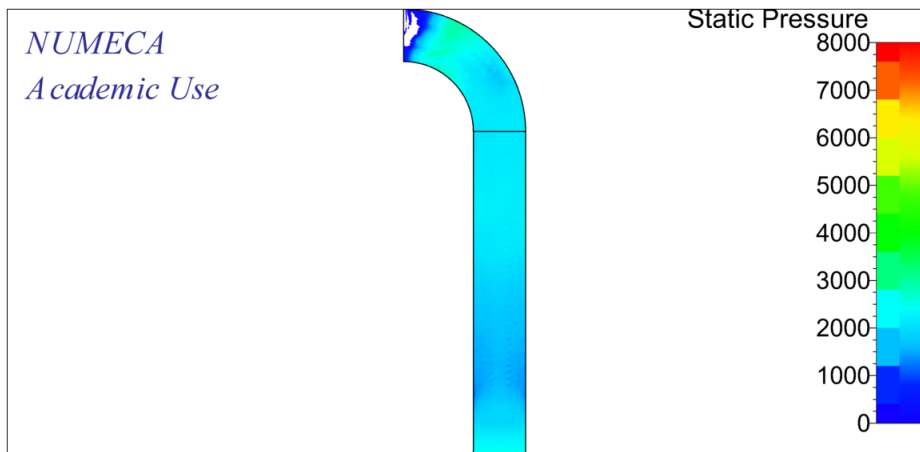
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 500 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



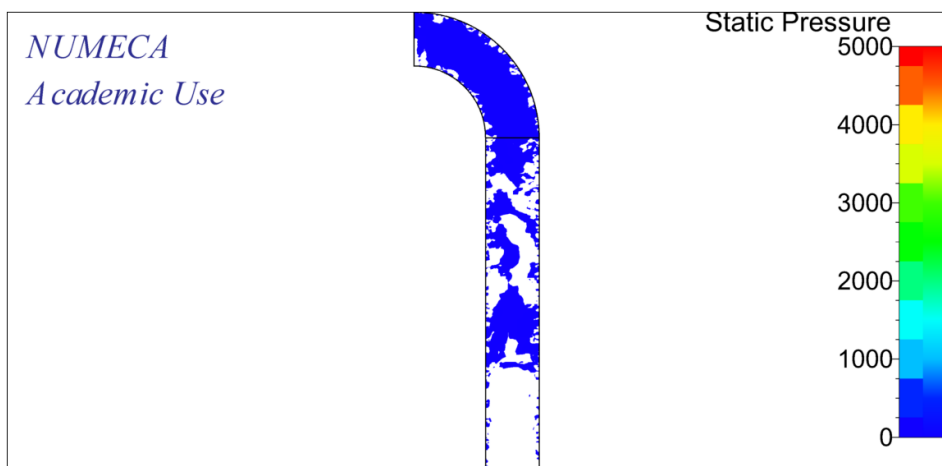
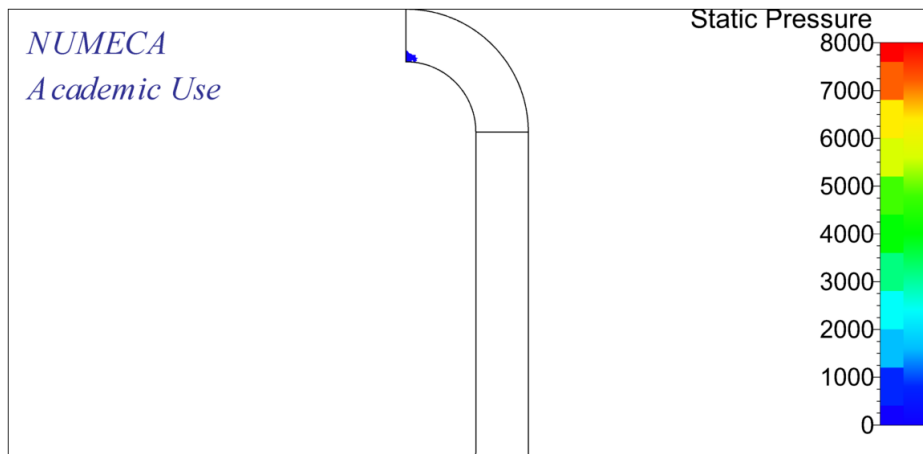
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 1000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



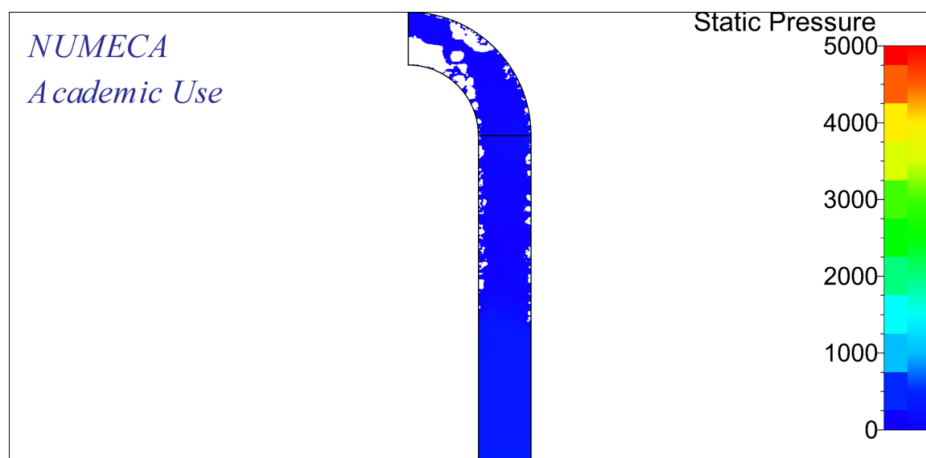
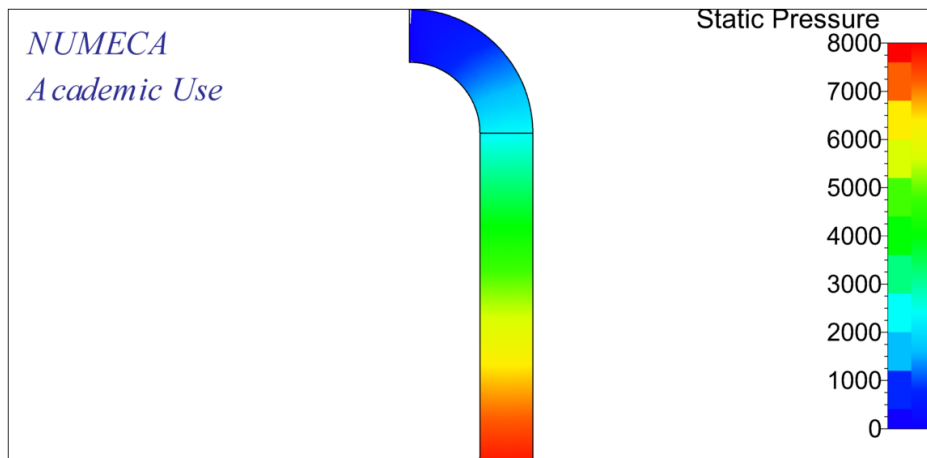
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 3000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



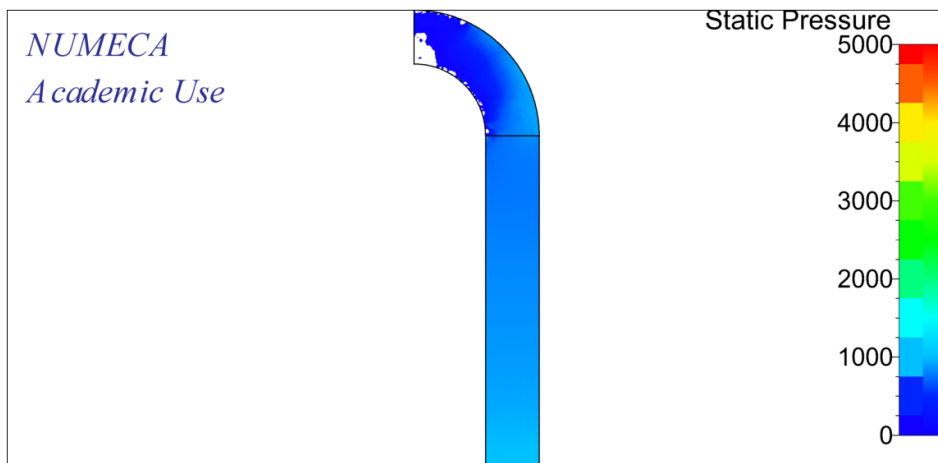
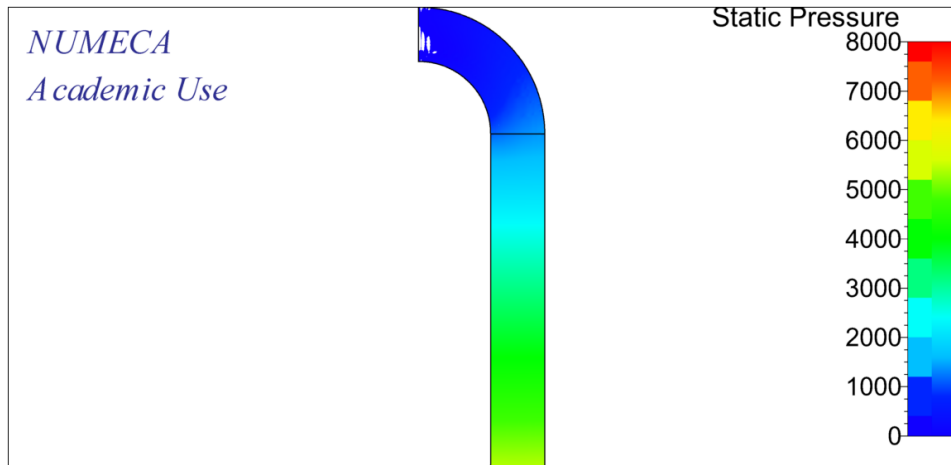
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 5000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



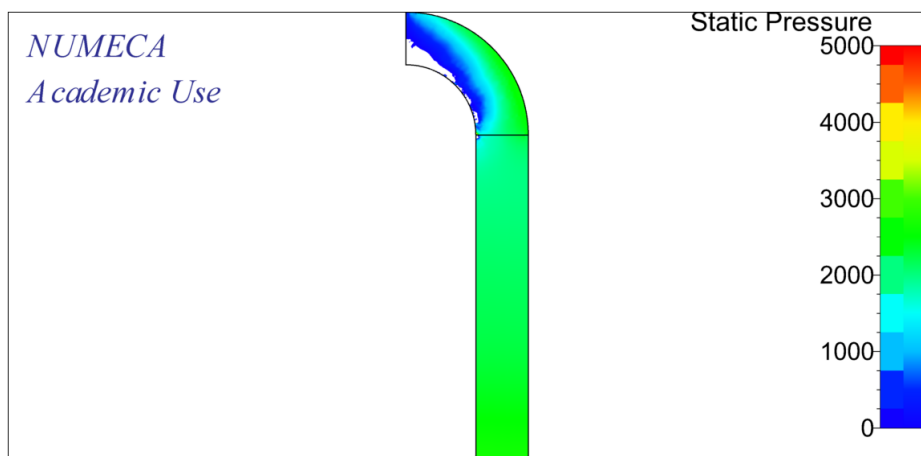
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 50000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



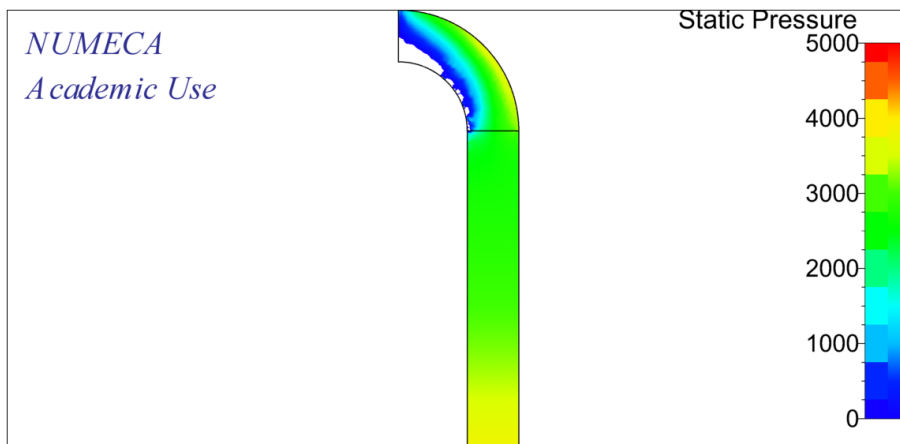
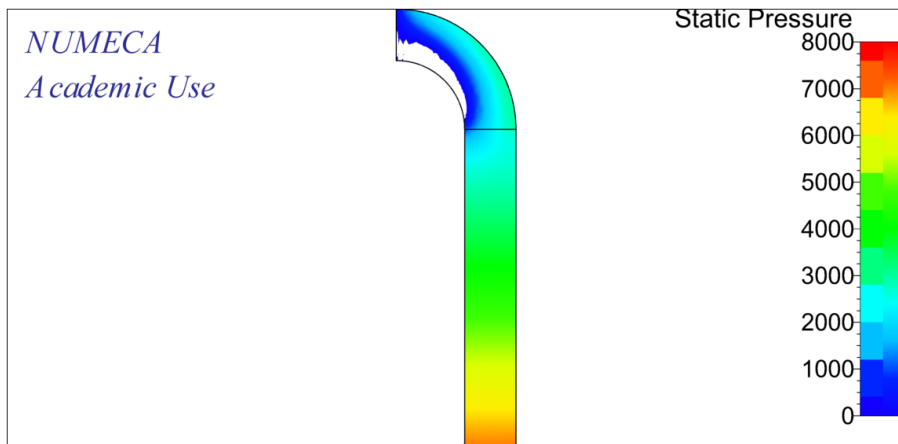
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 100000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 200000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi

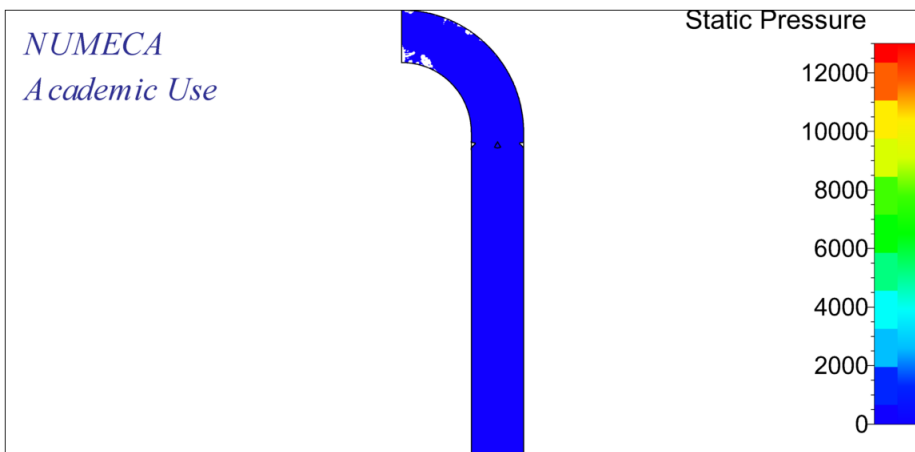
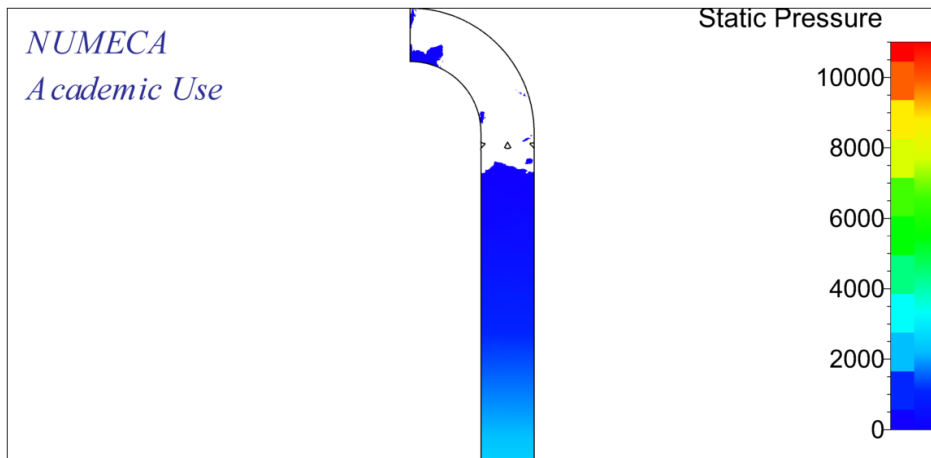


Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 250000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi

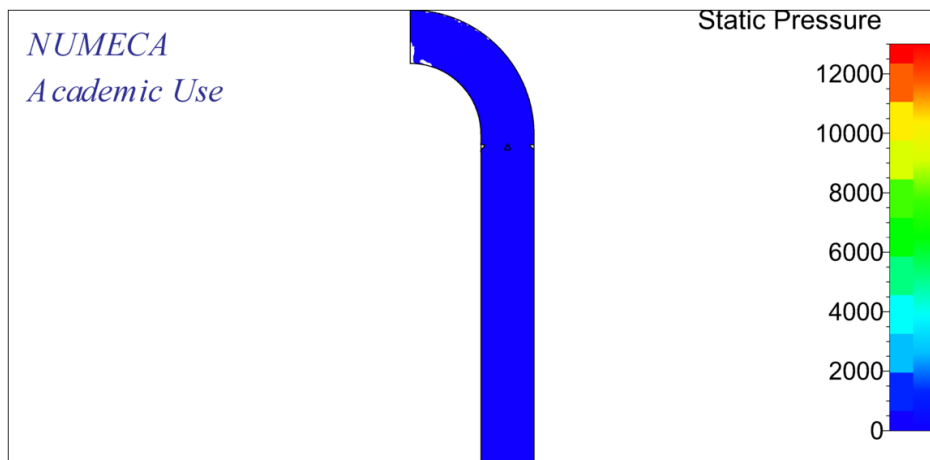
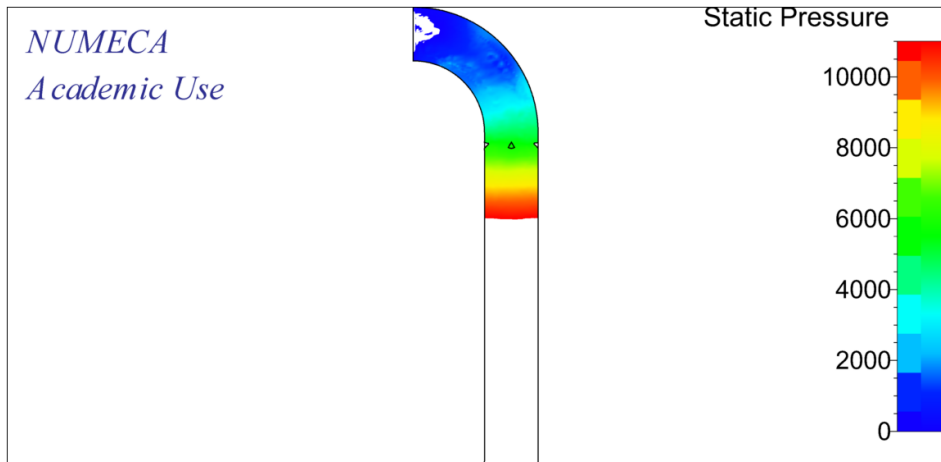


4. Hasil Simulasi Model Pipa Standart Kedua modifikasi 1

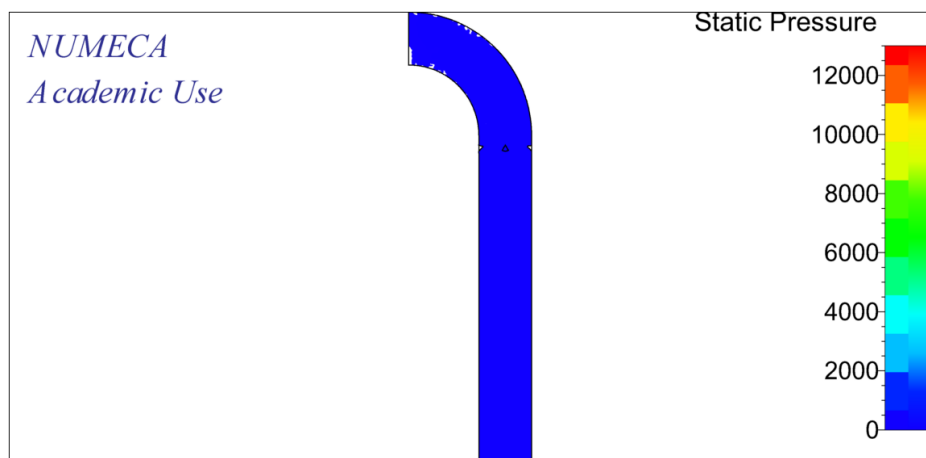
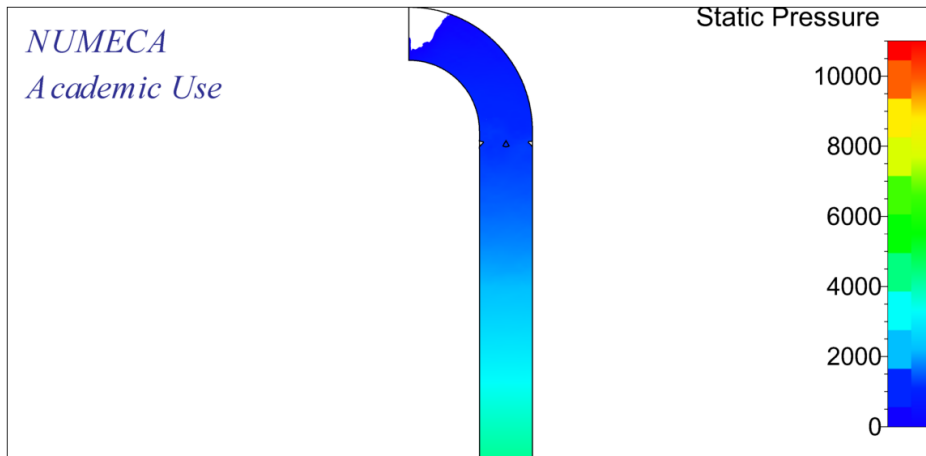
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 500 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



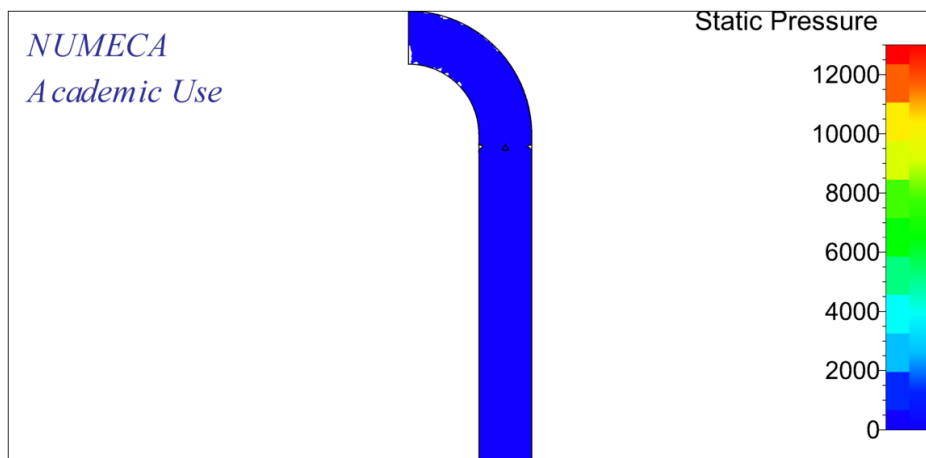
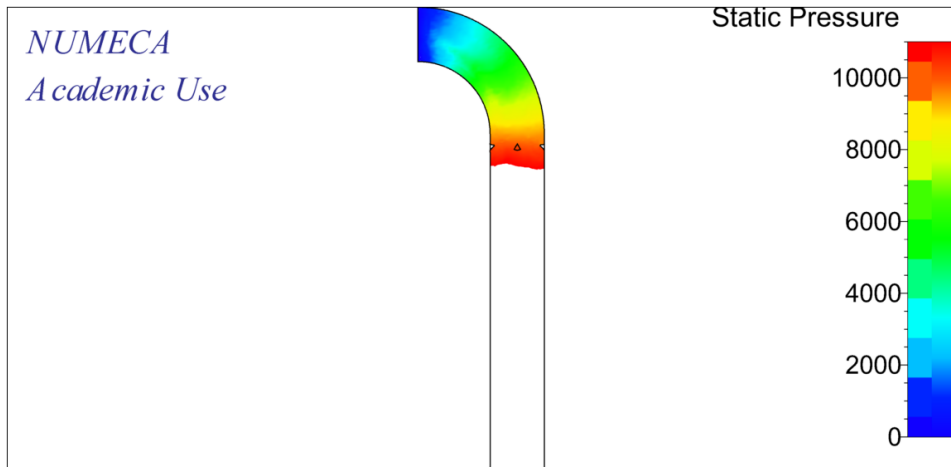
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 1000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



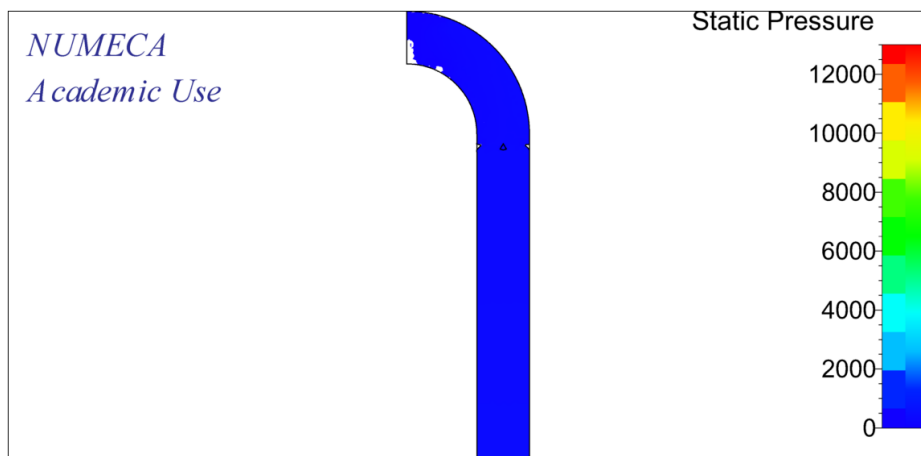
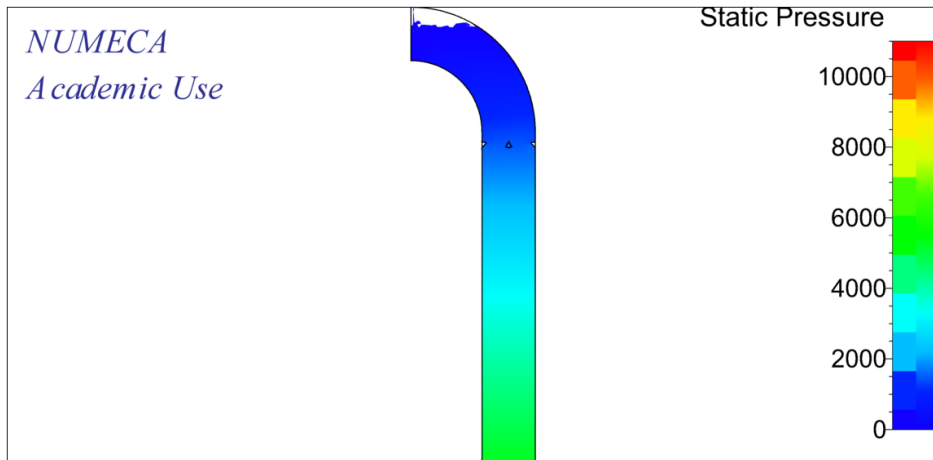
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 3000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



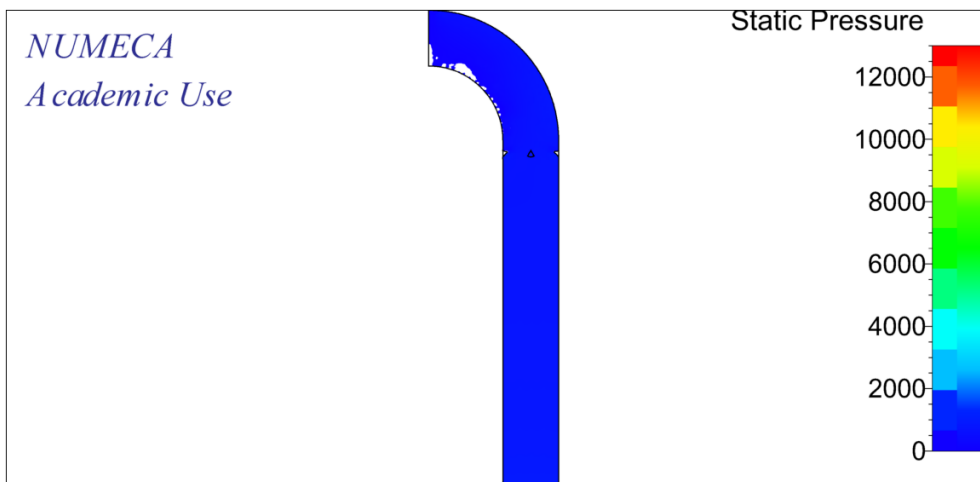
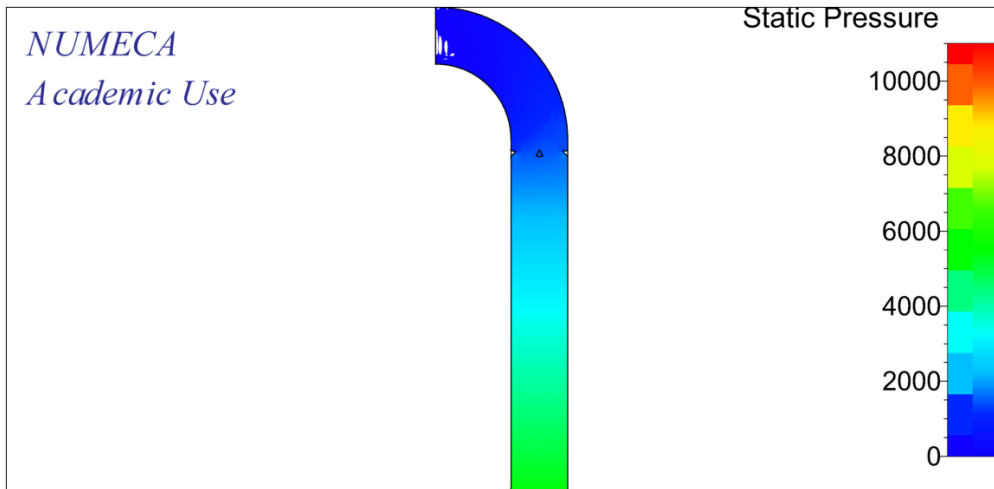
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 5000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



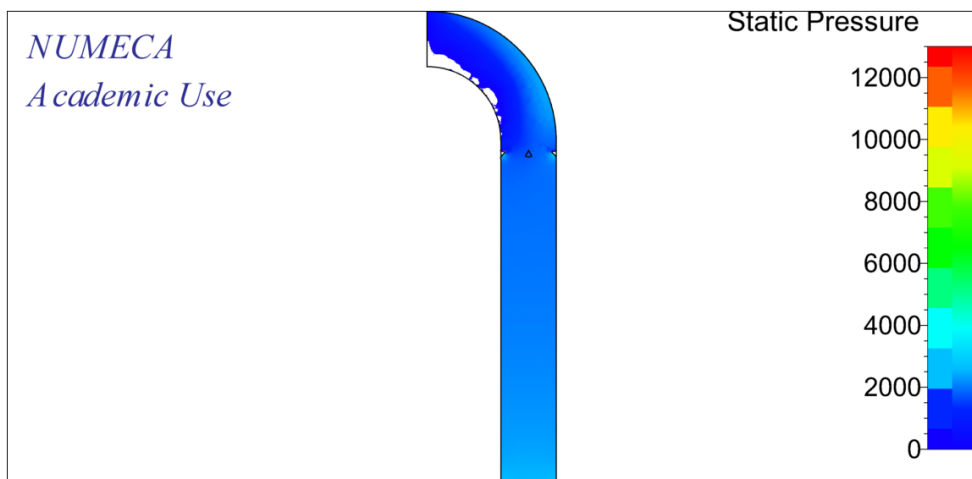
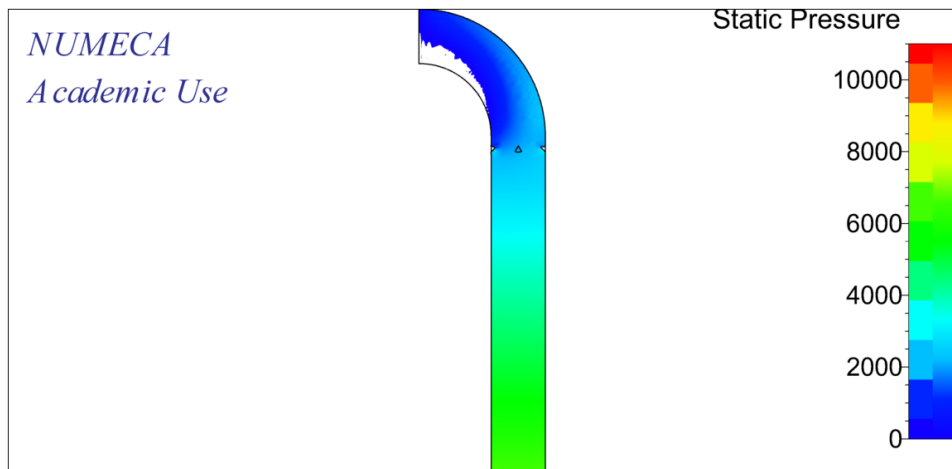
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 50000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



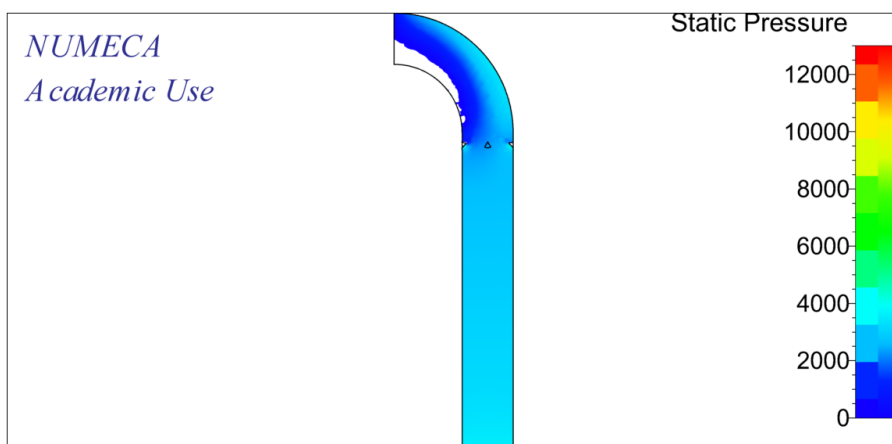
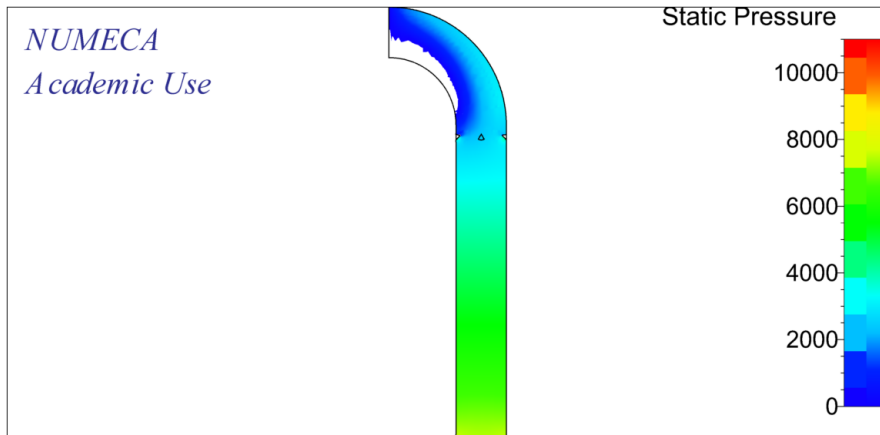
Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 100000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 200000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi

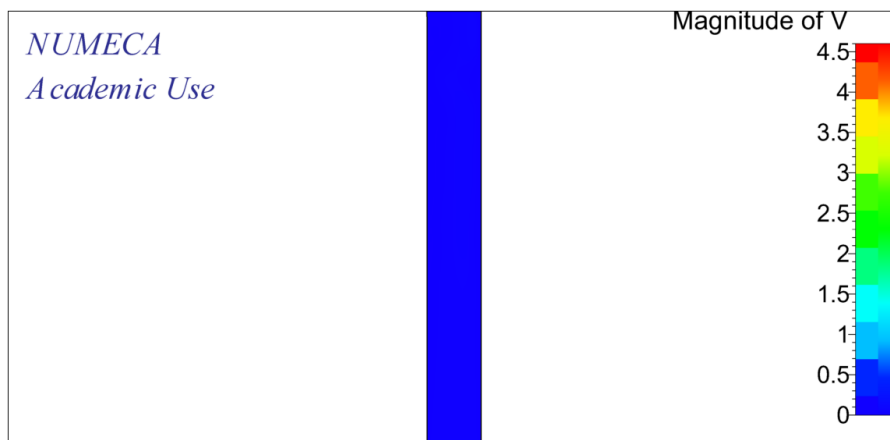
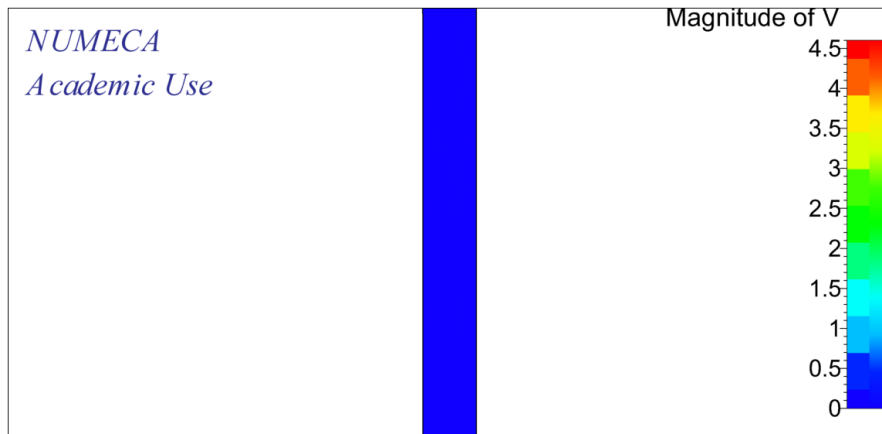


Hasil simulasi berupa Tekanan pada RE 250000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi

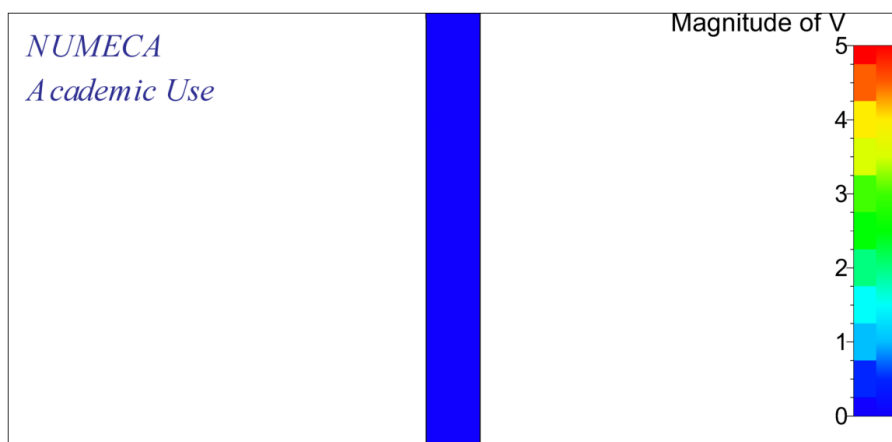
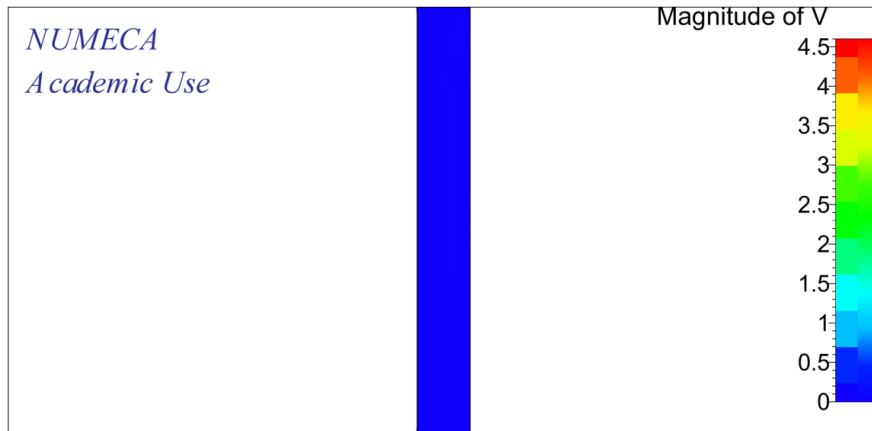


1. Hasil Simulasi Model Pipa Standart Pertama

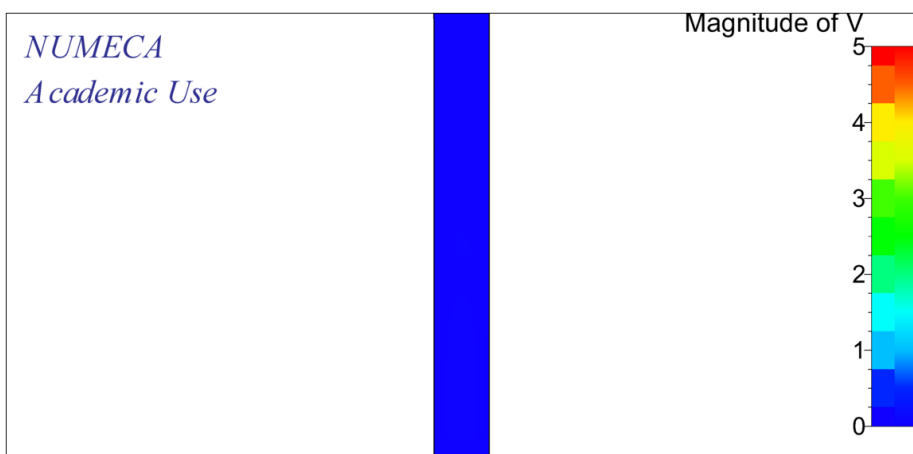
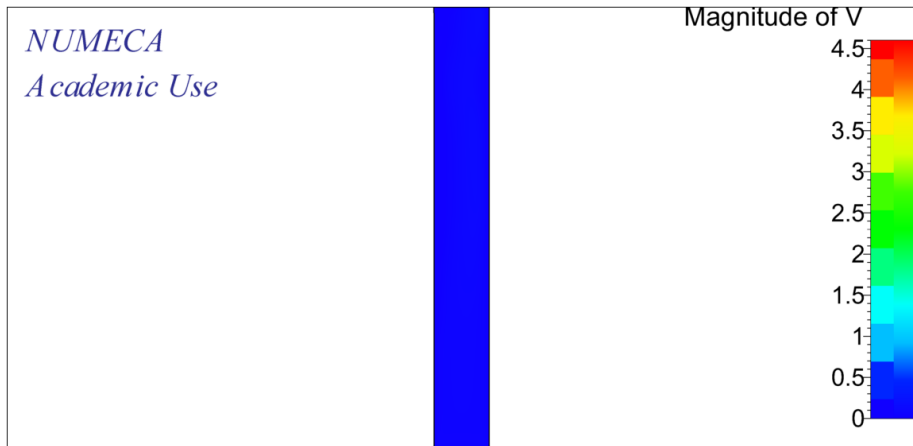
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 500 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



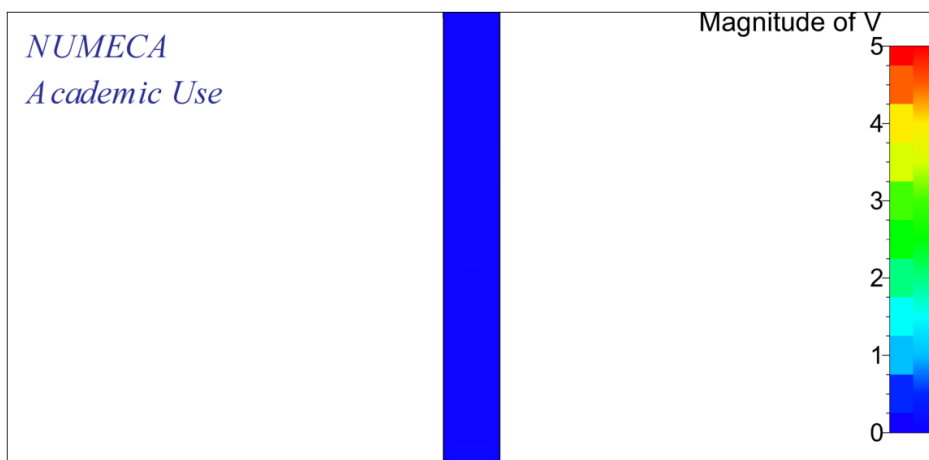
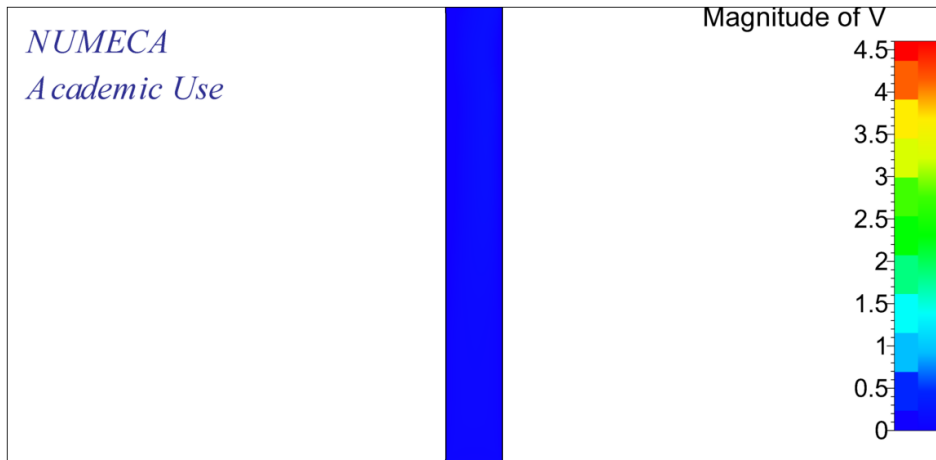
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 1000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



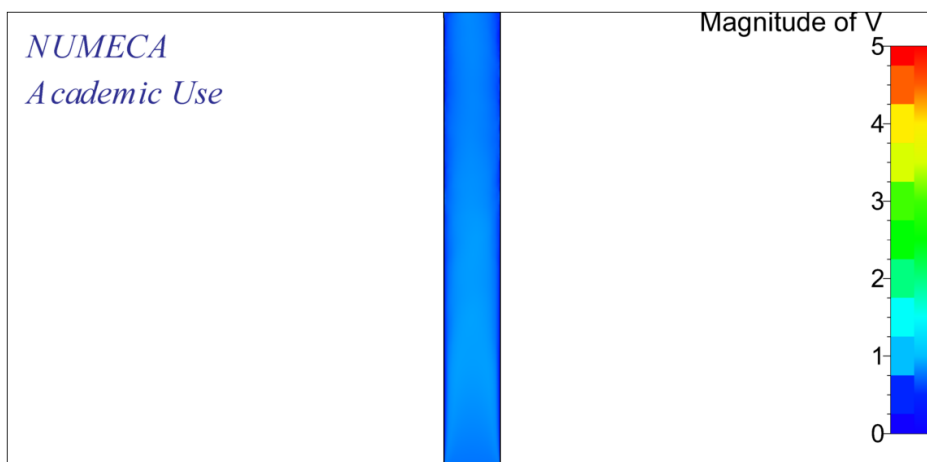
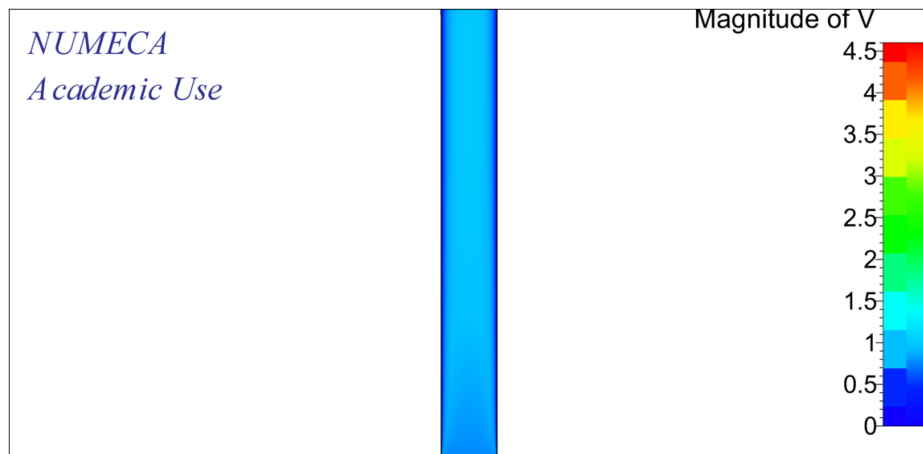
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 3000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



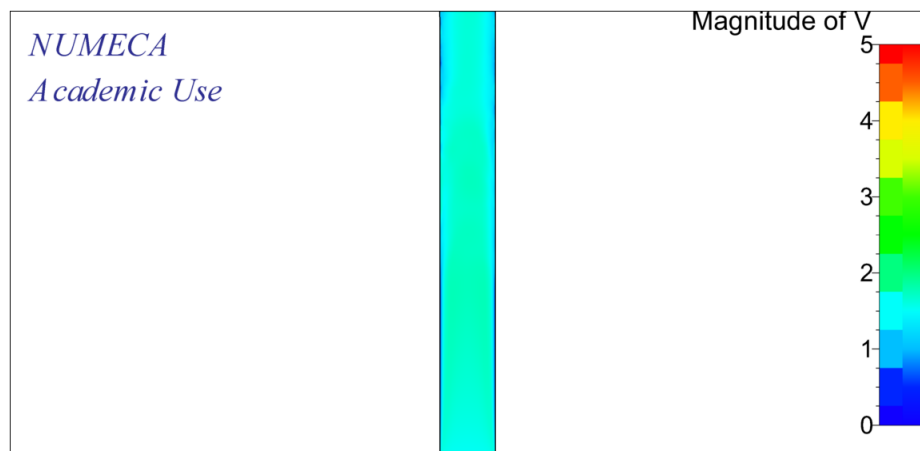
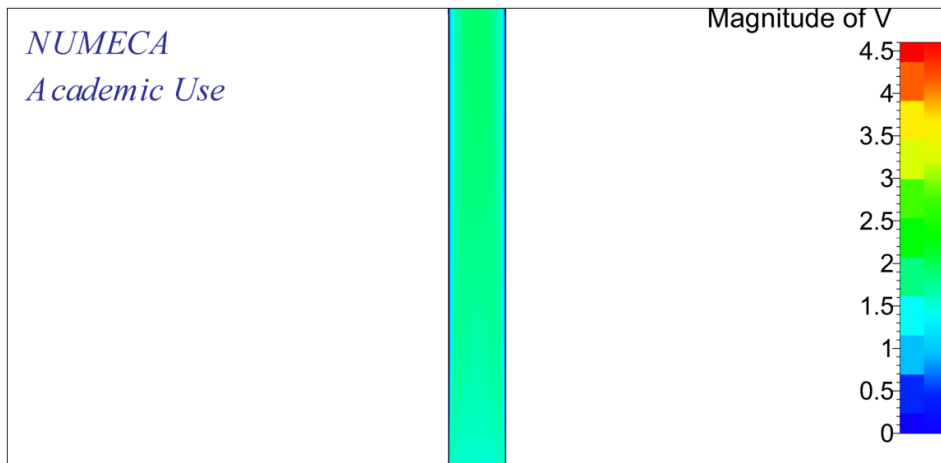
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 5000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



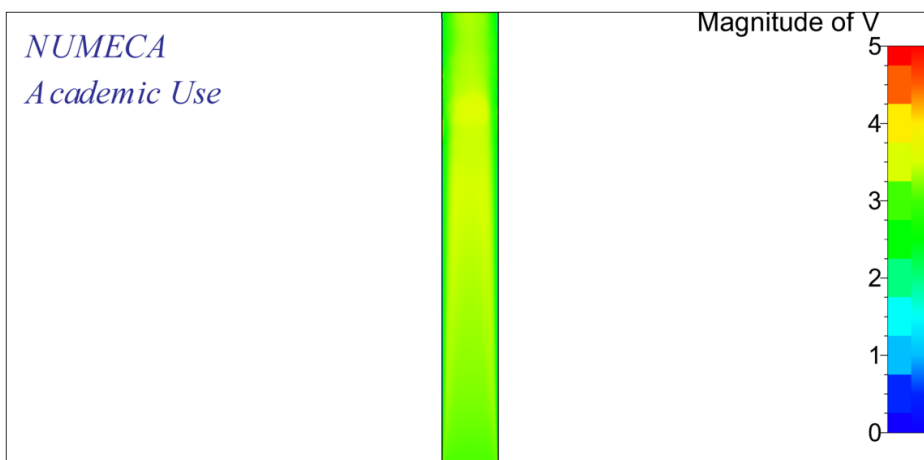
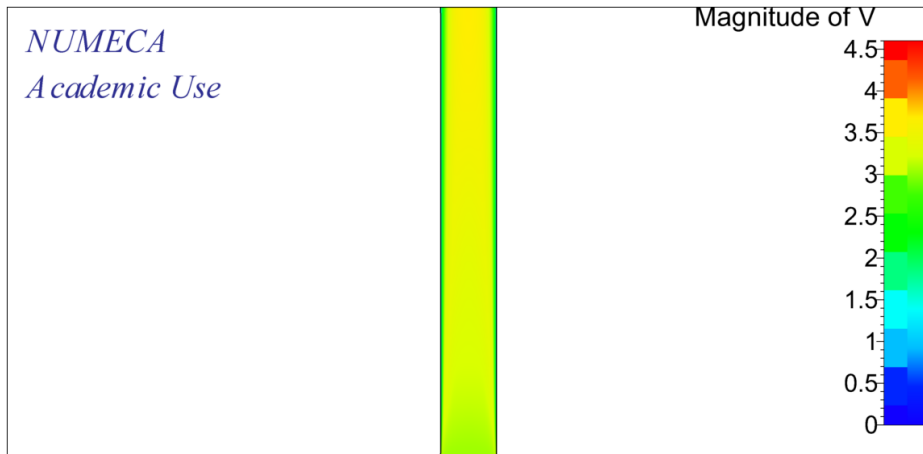
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 50000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



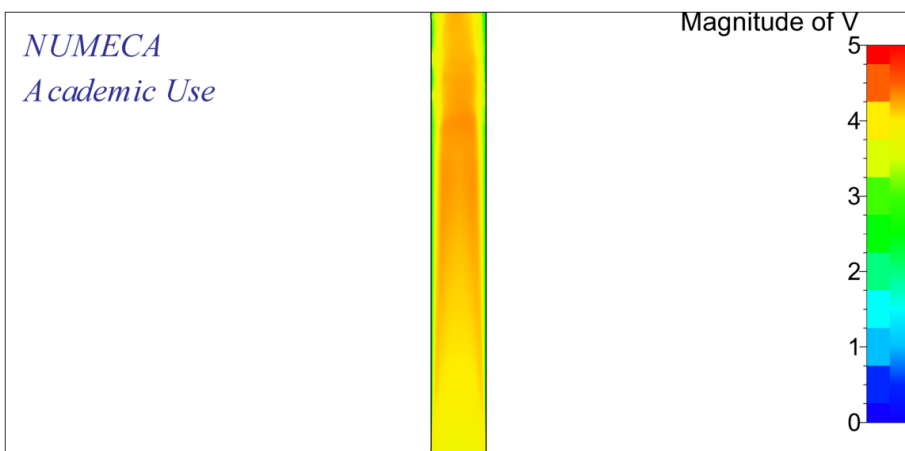
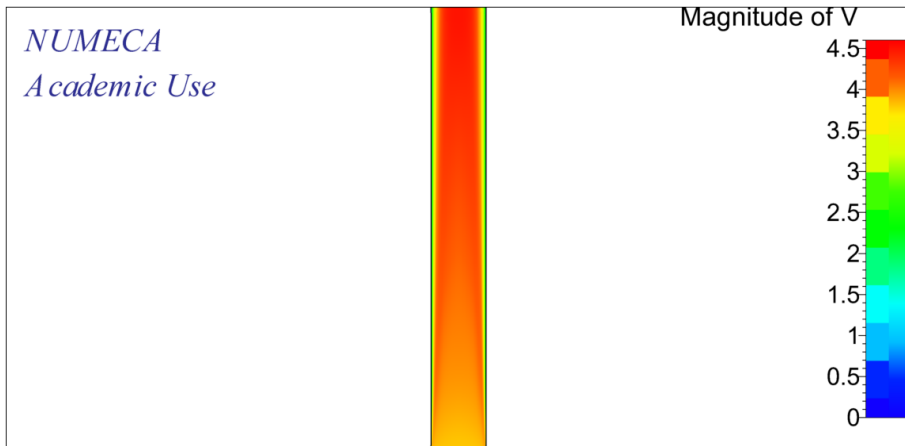
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 100000 dengan gaya Gravitasi dan
Tanpa gaya Gravitasi



Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 200000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi

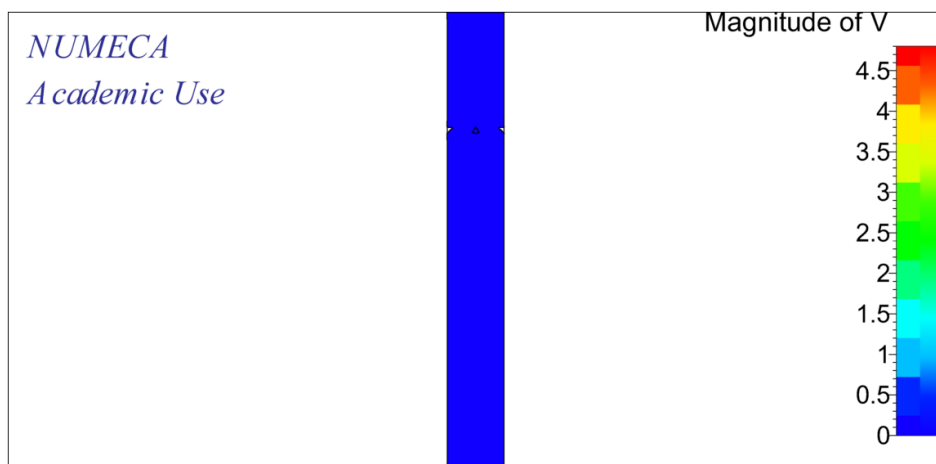
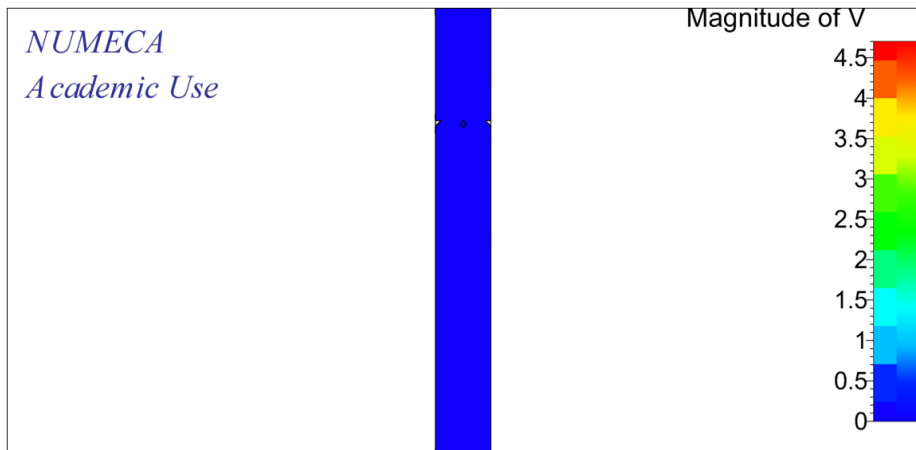


Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 250000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi

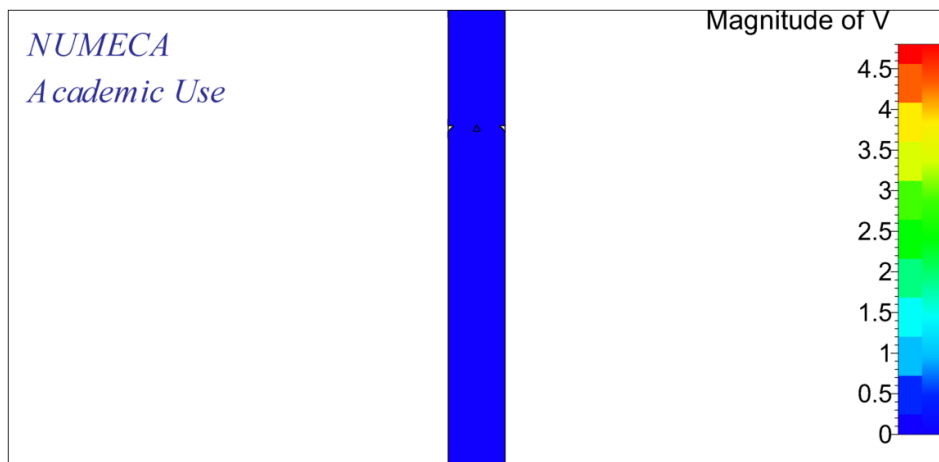
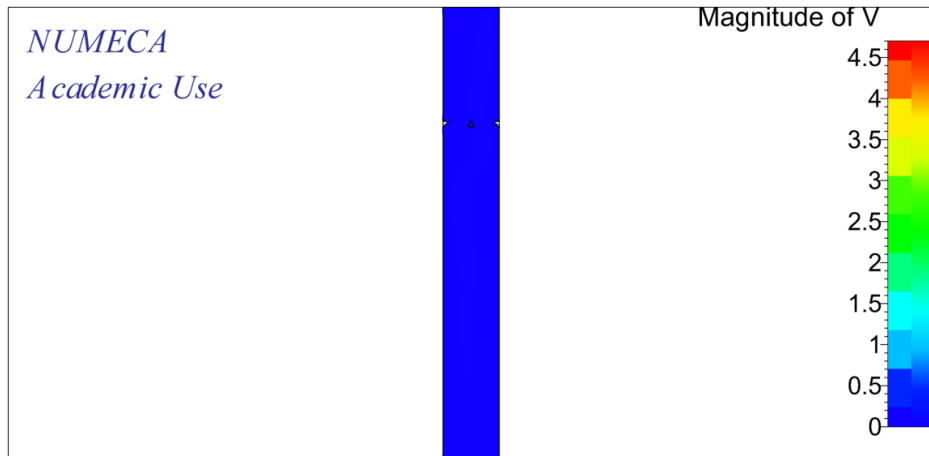


2. Hasil Simulasi Model Pipa Standart Modifikasi 1

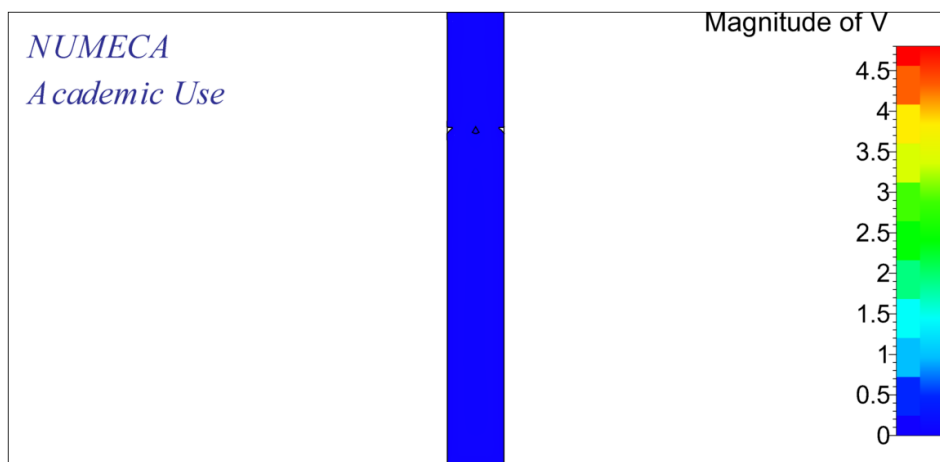
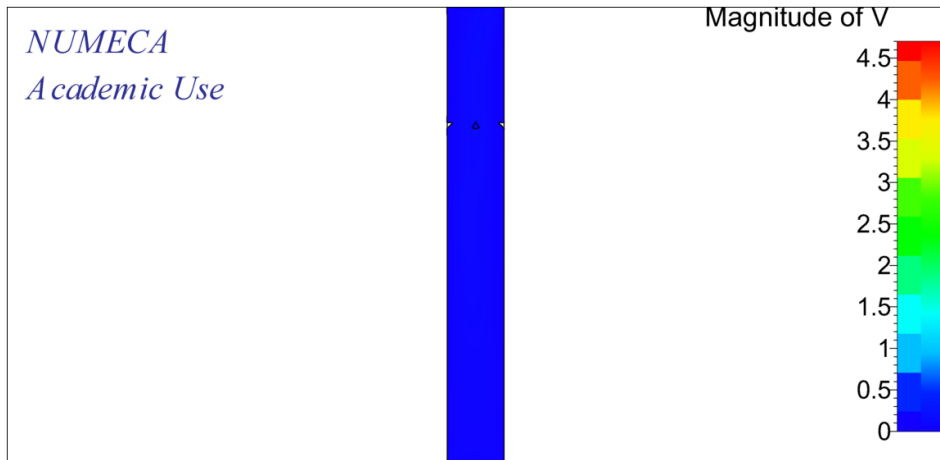
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 500 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



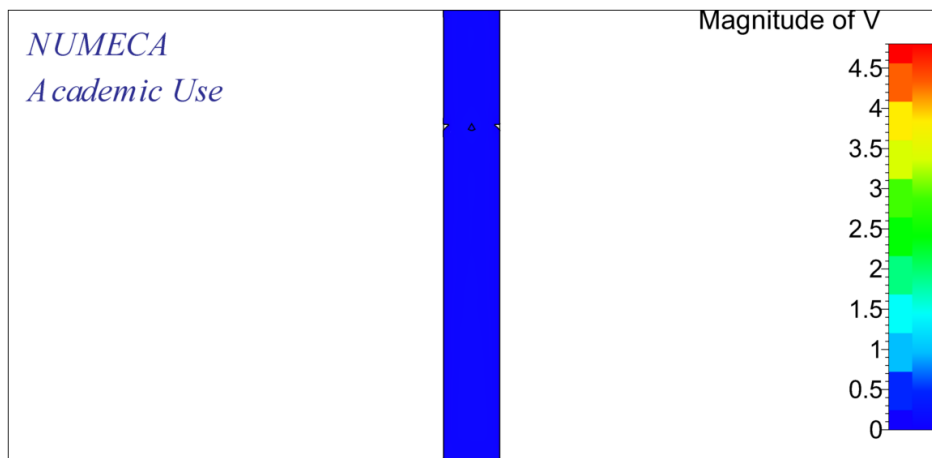
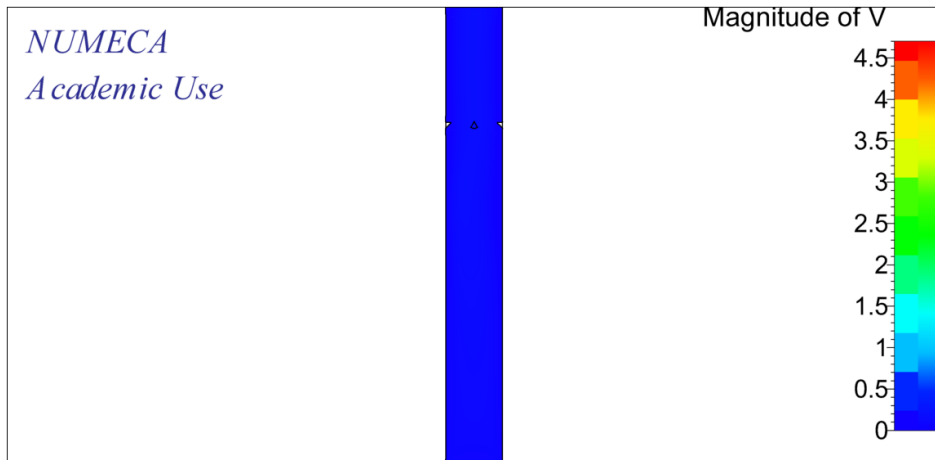
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 1000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



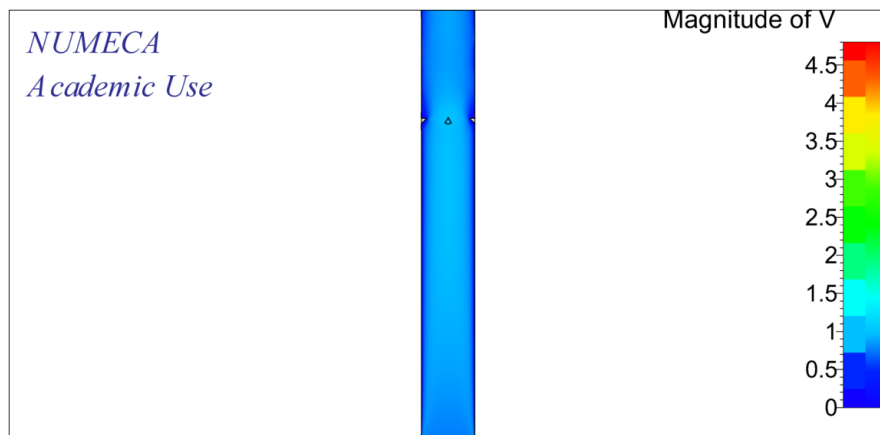
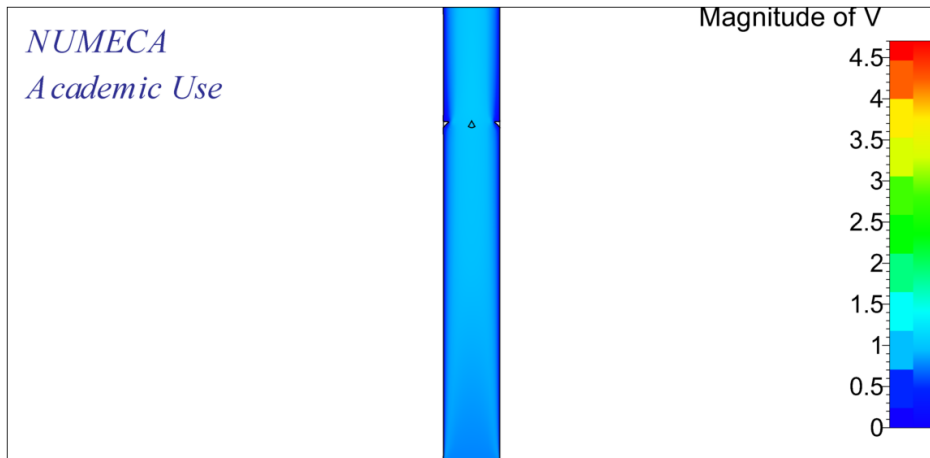
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 3000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



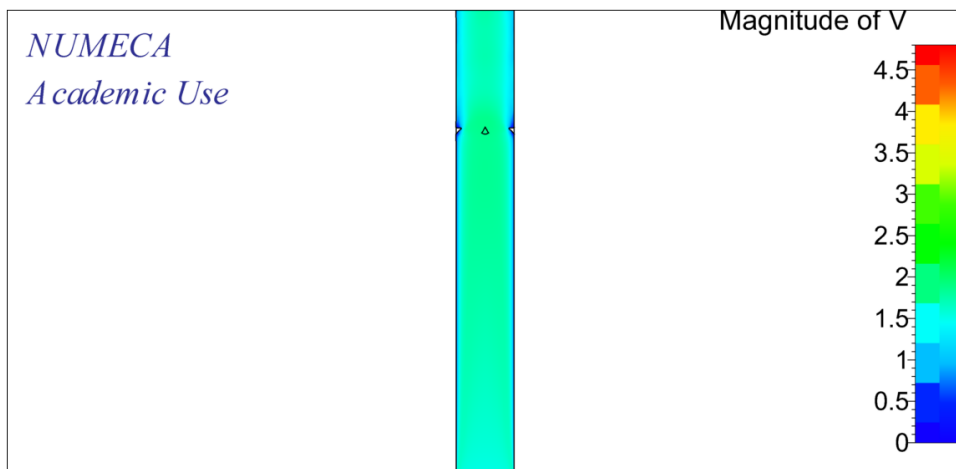
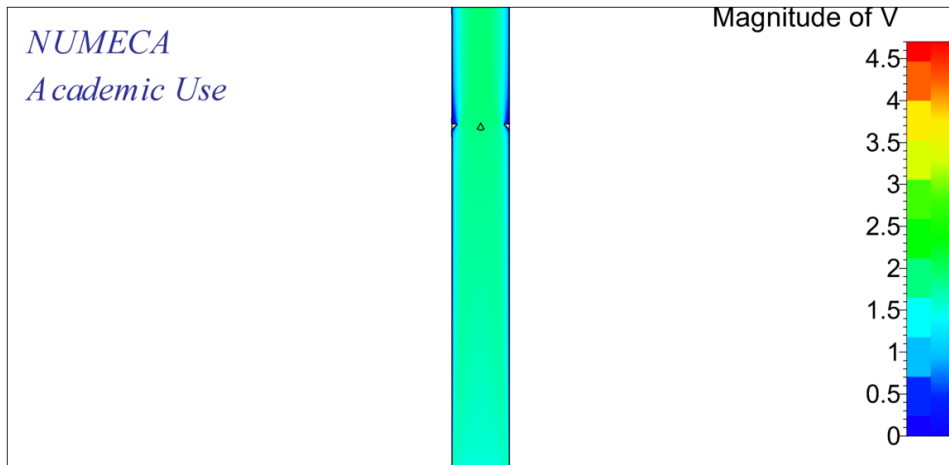
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 5000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



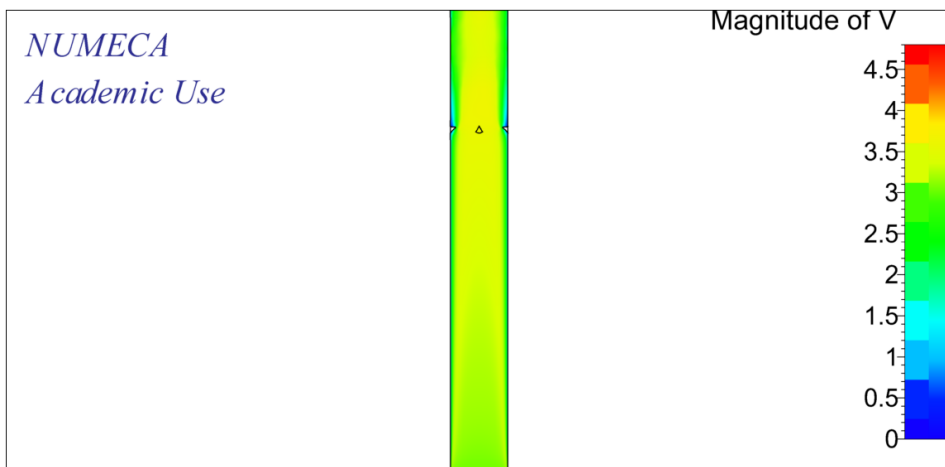
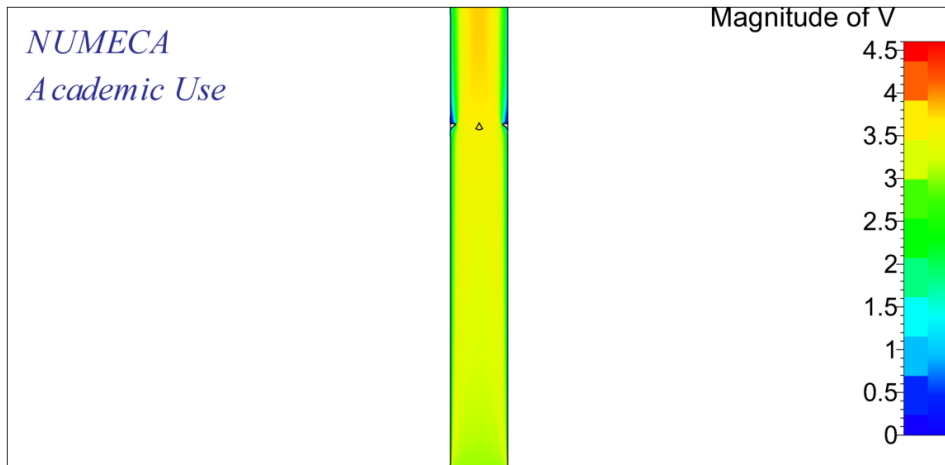
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 50000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



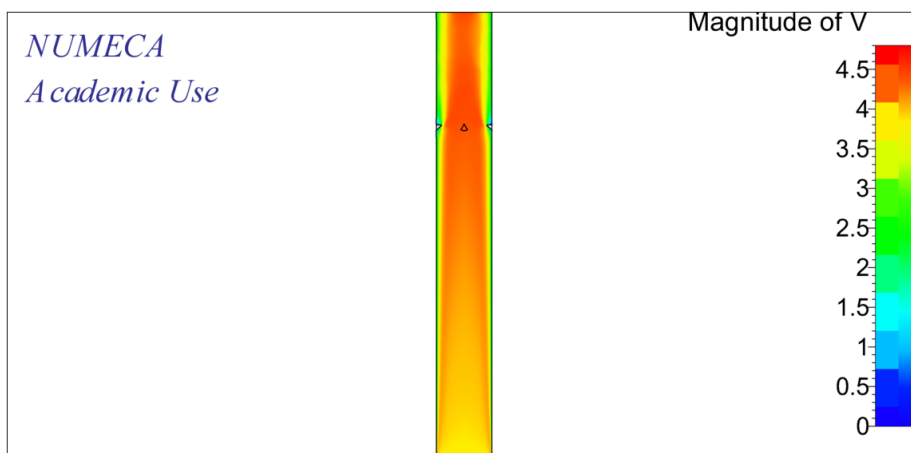
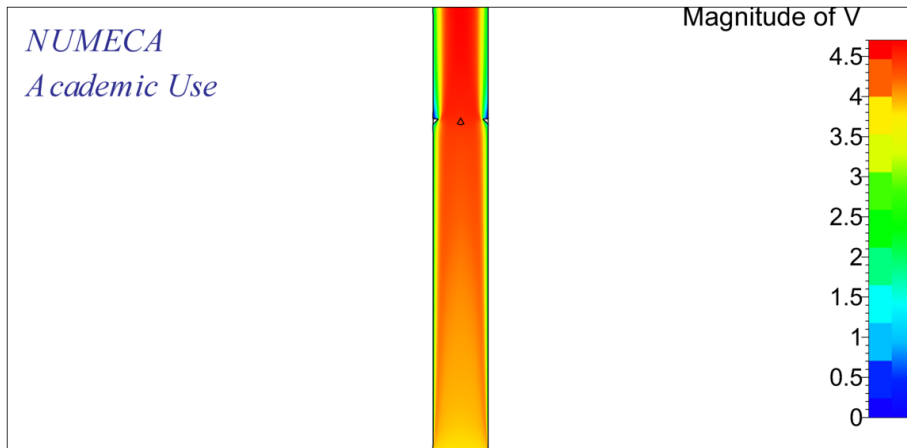
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 100000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 200000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi

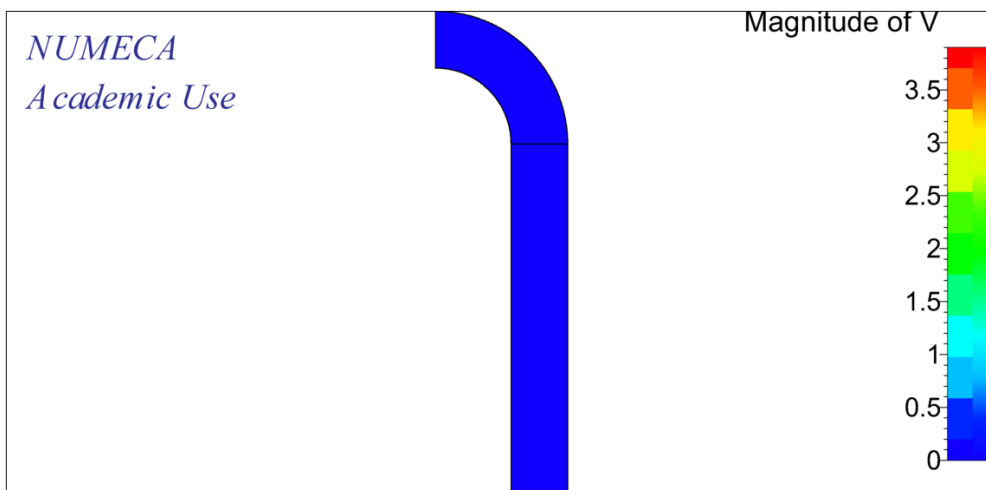
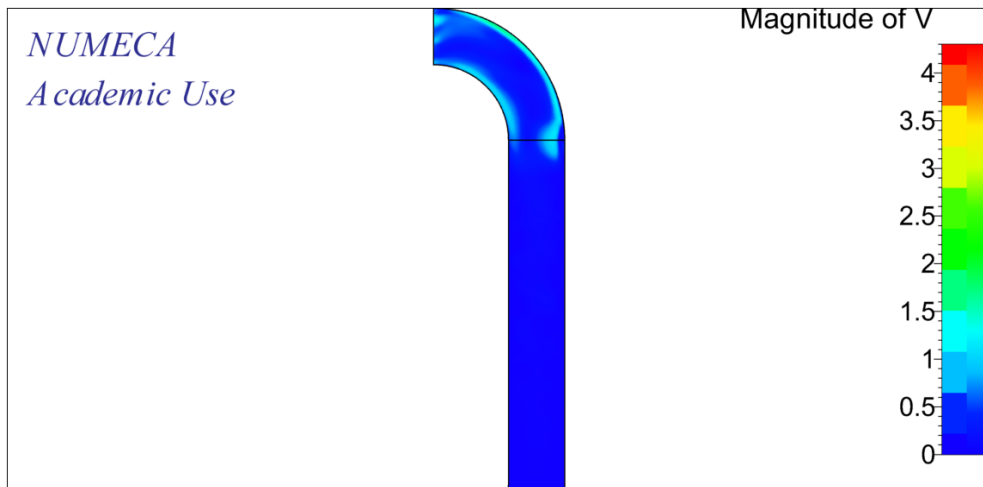


Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 250000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi

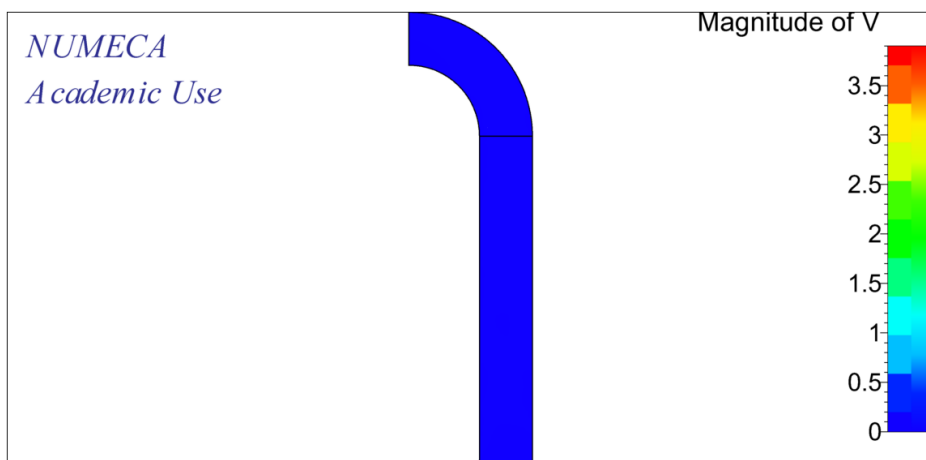
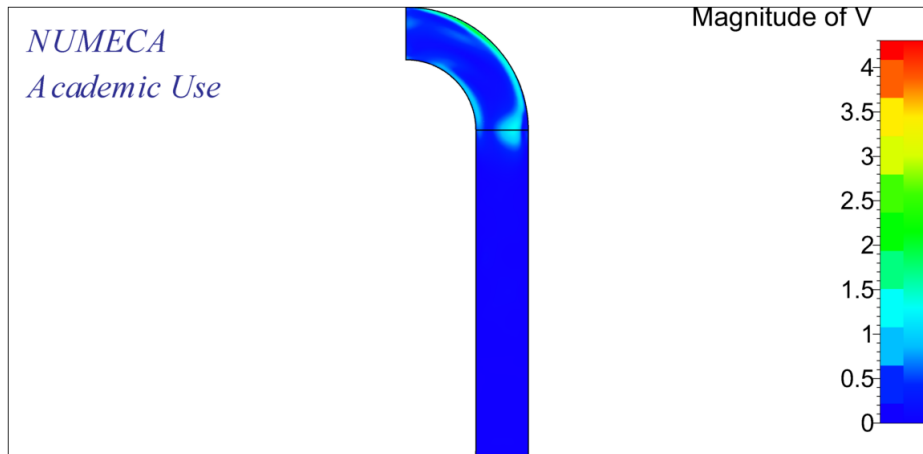


3. Hasil Simulasi Model Pipa Standart Kedua

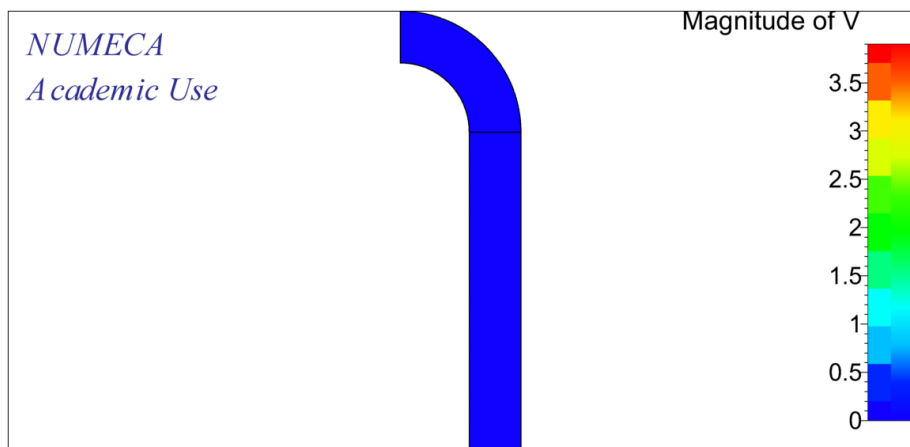
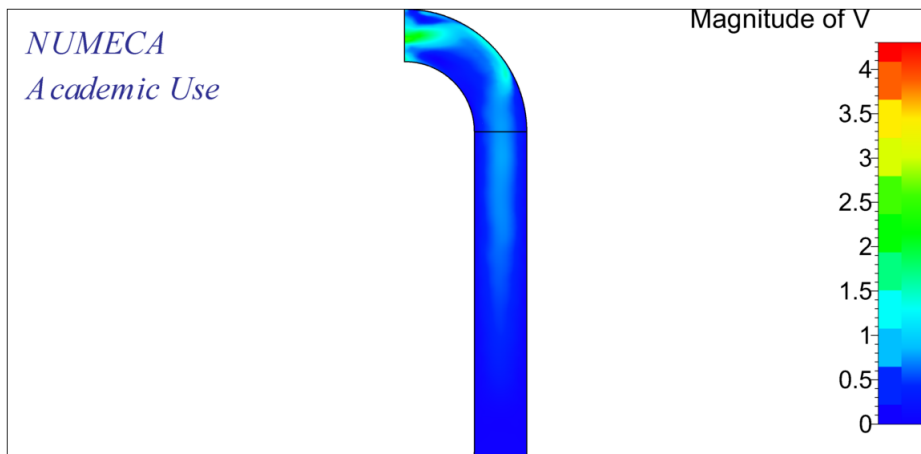
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 500 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



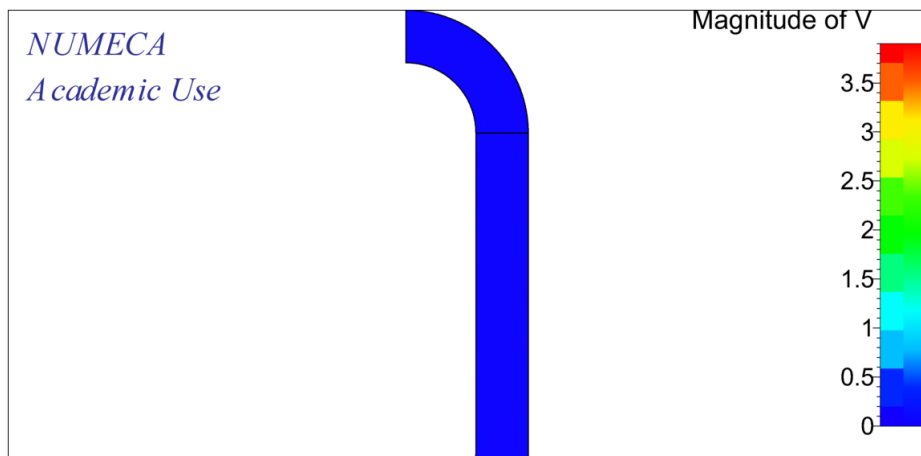
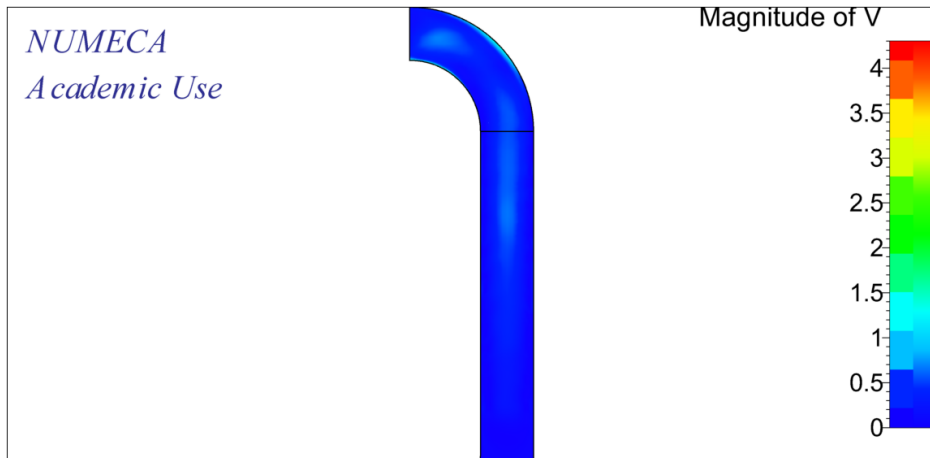
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 1000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



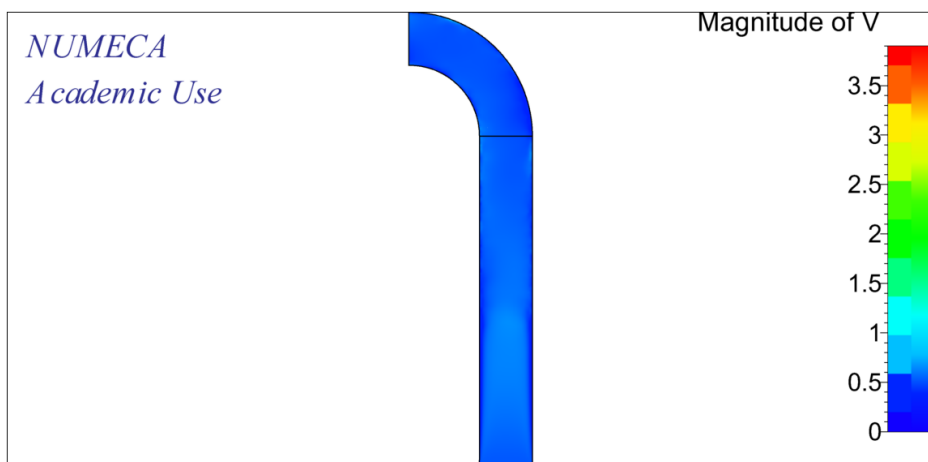
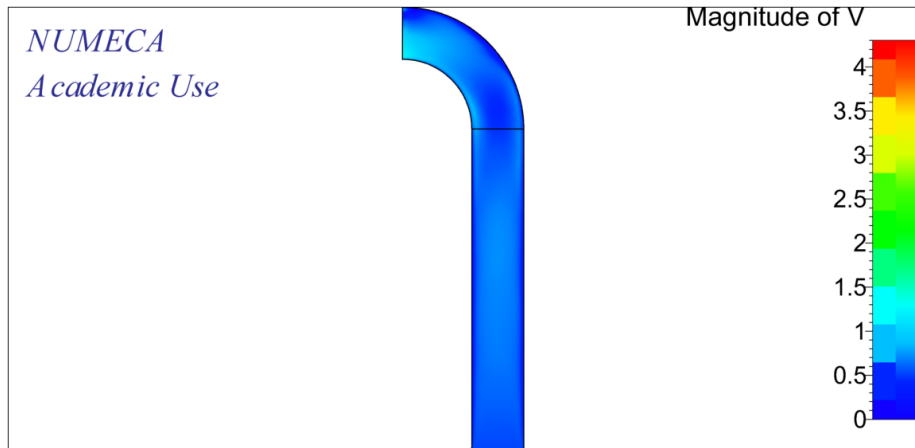
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 3000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



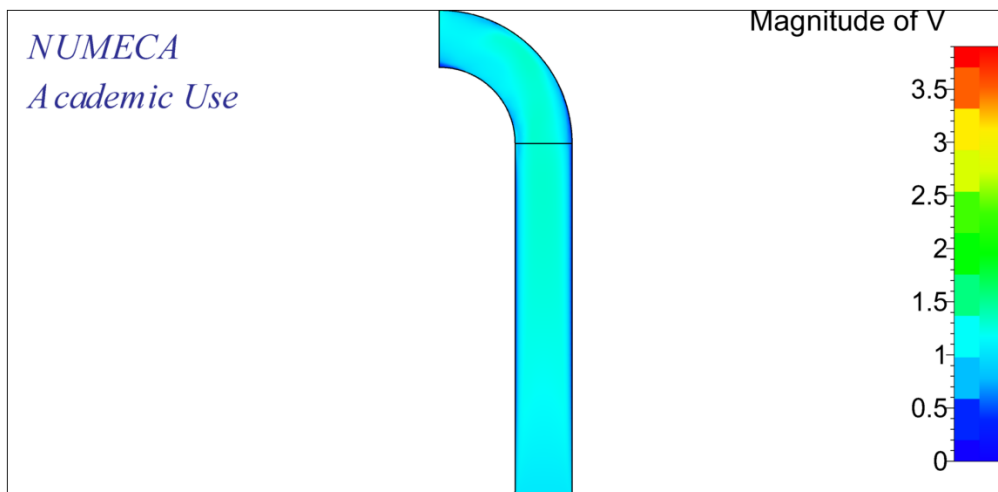
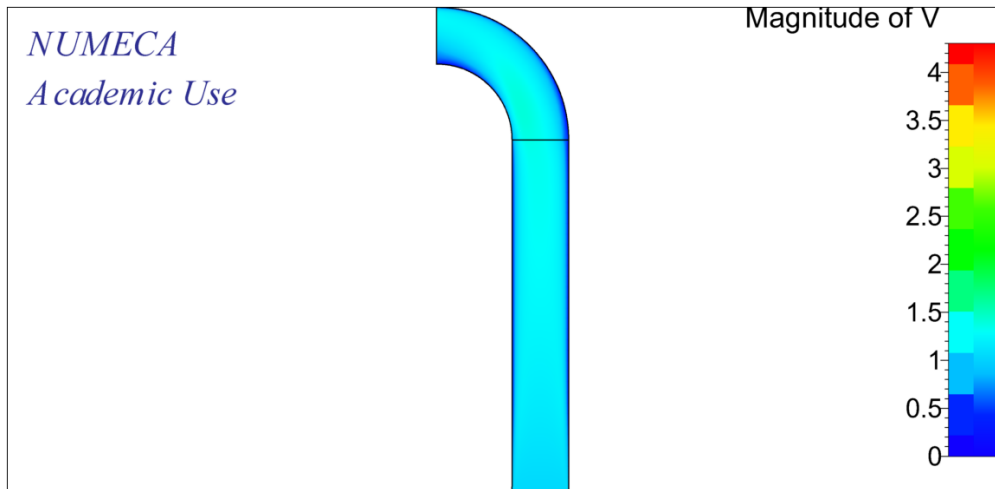
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 5000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



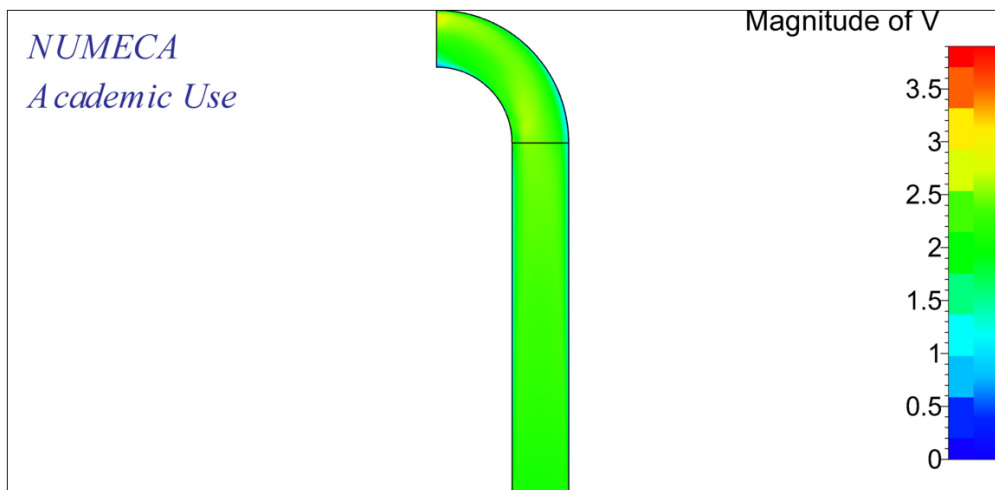
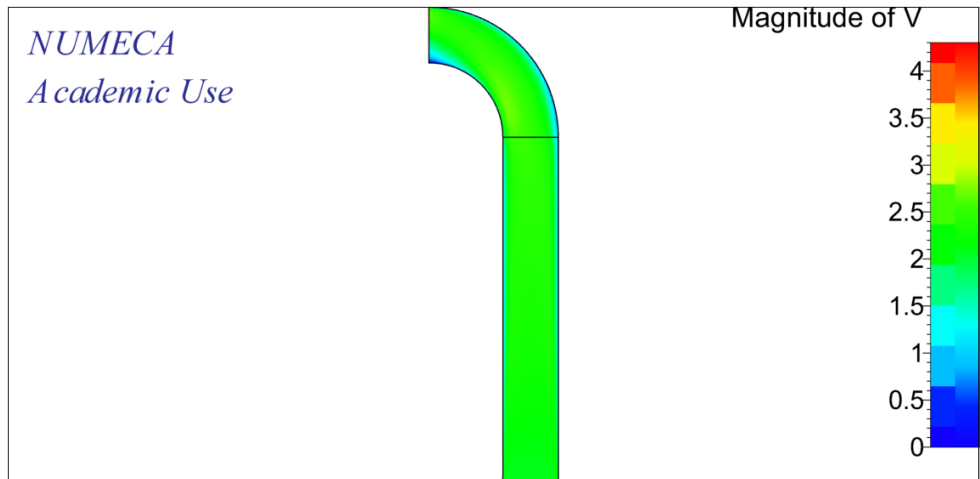
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 50000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



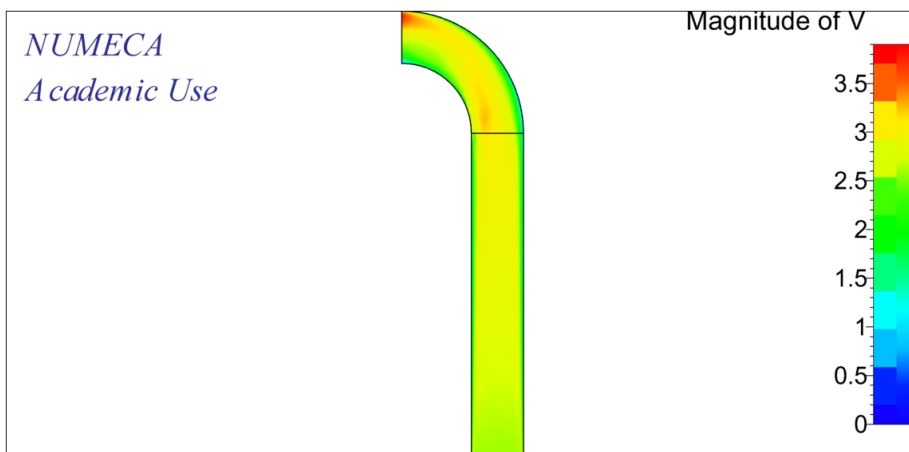
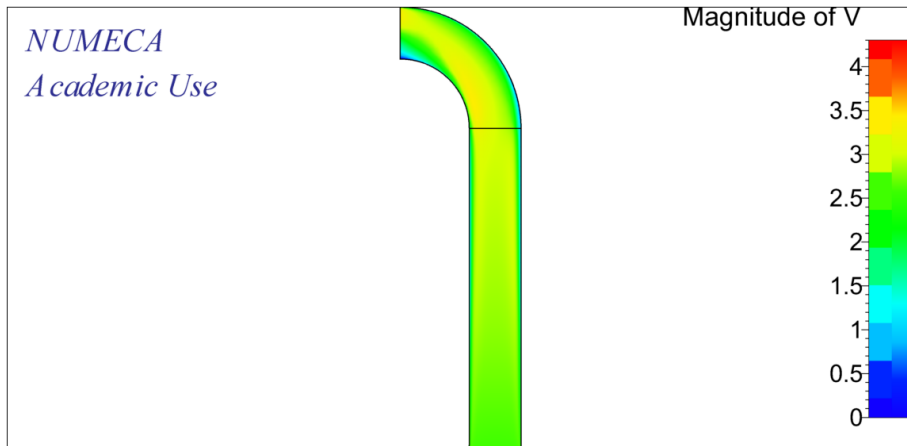
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 100000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 200000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi

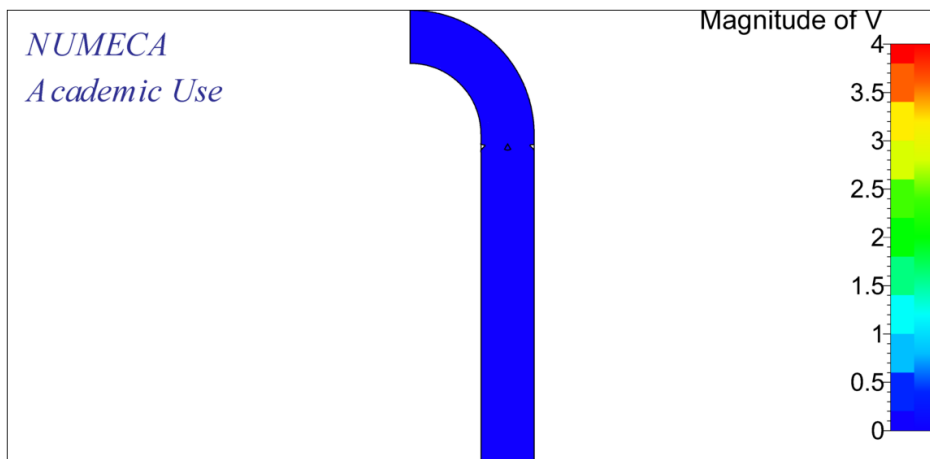
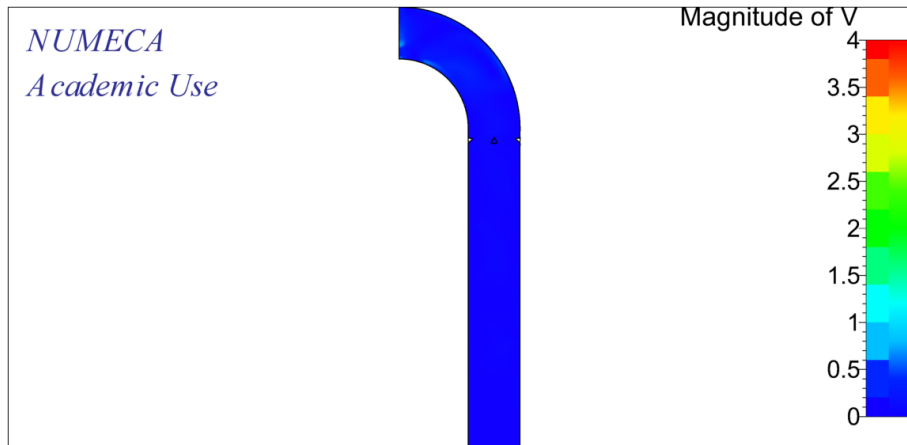


Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 250000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi

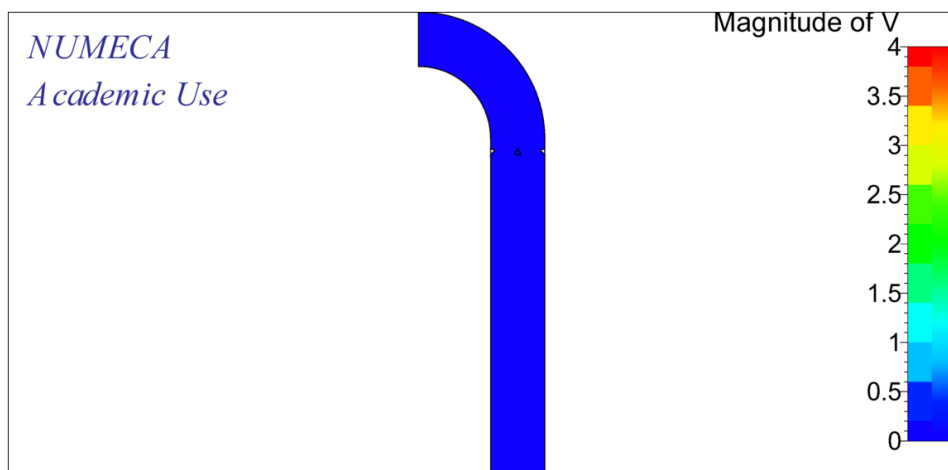
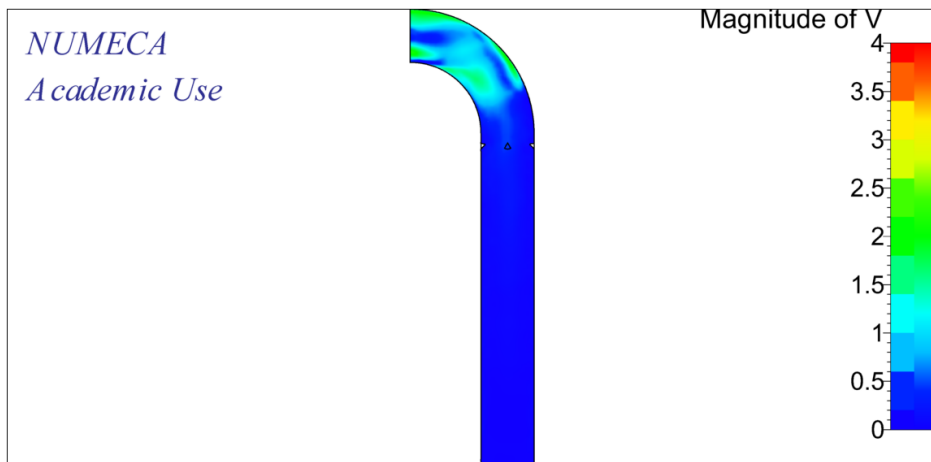


4. Hasil Simulasi Model Pipa Standart Kedua modifikasi 1

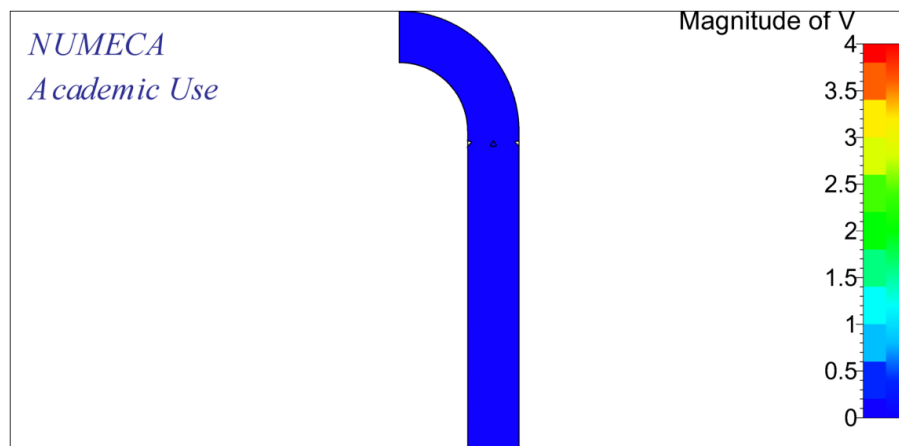
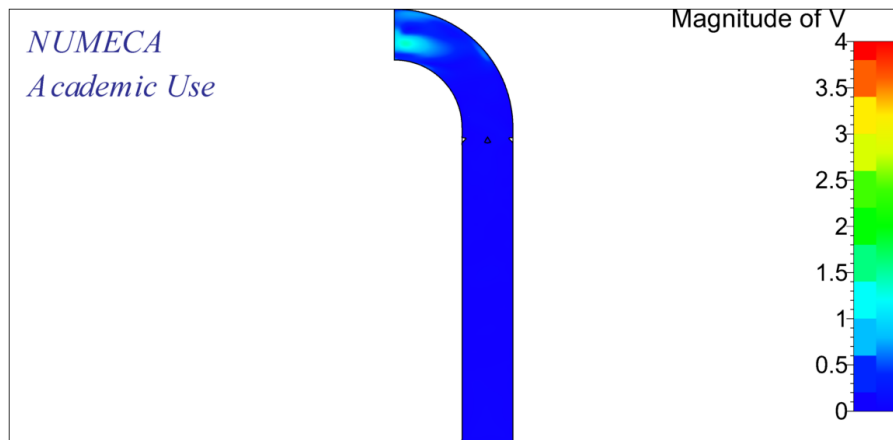
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 500 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



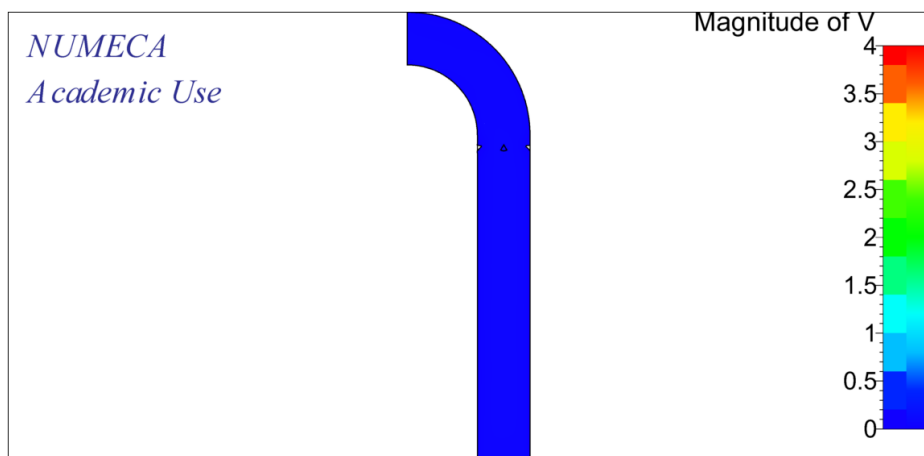
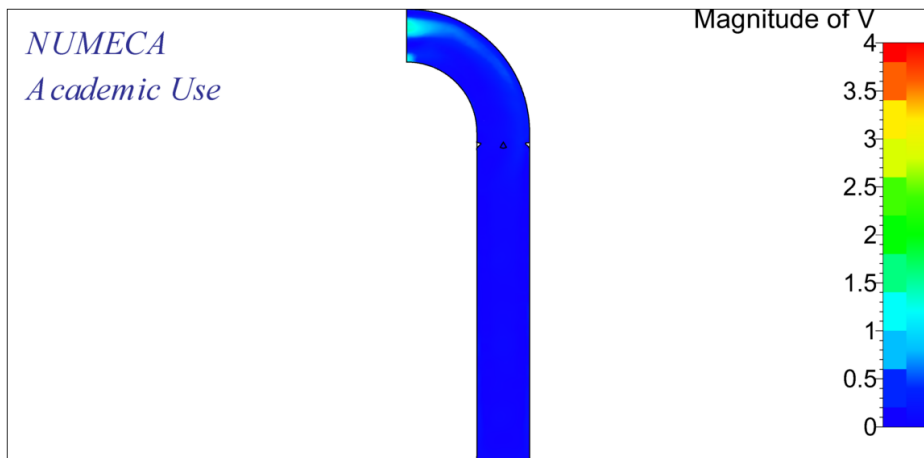
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 1000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



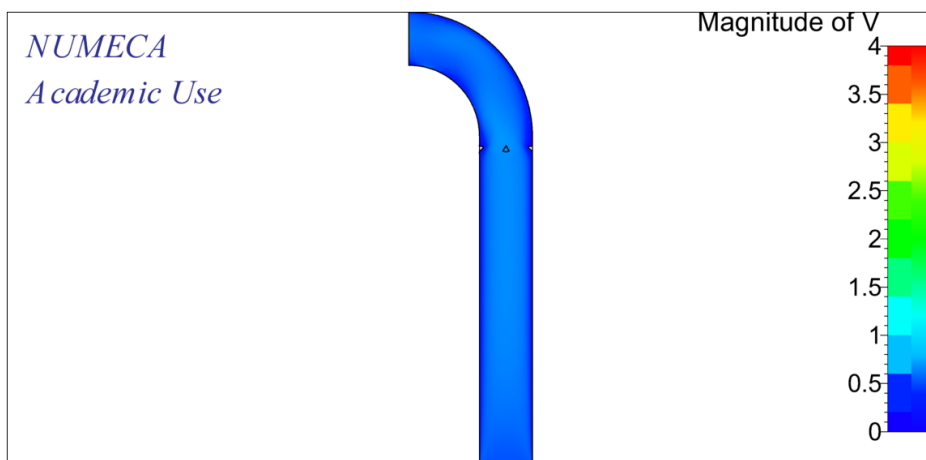
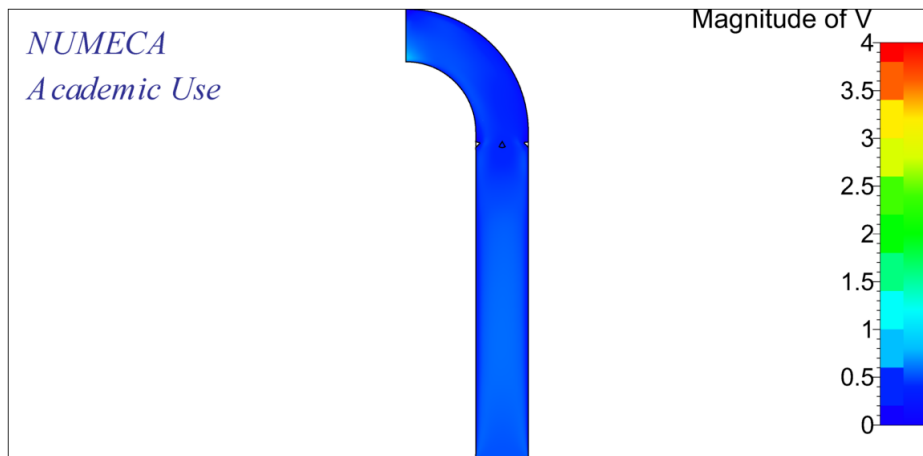
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 3000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



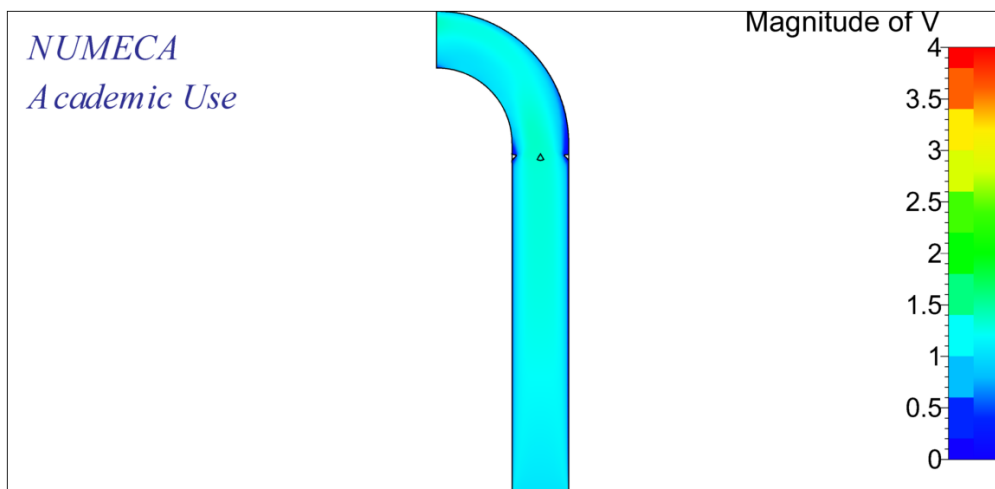
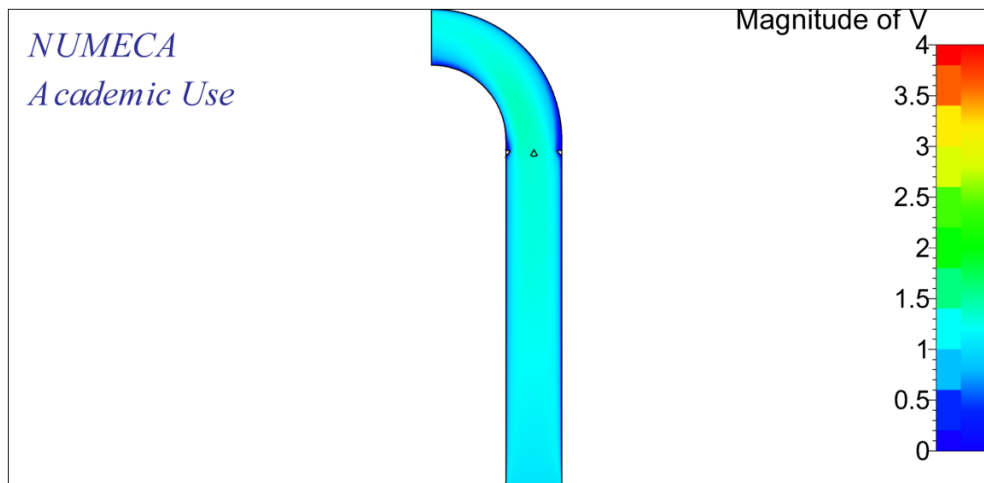
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 5000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



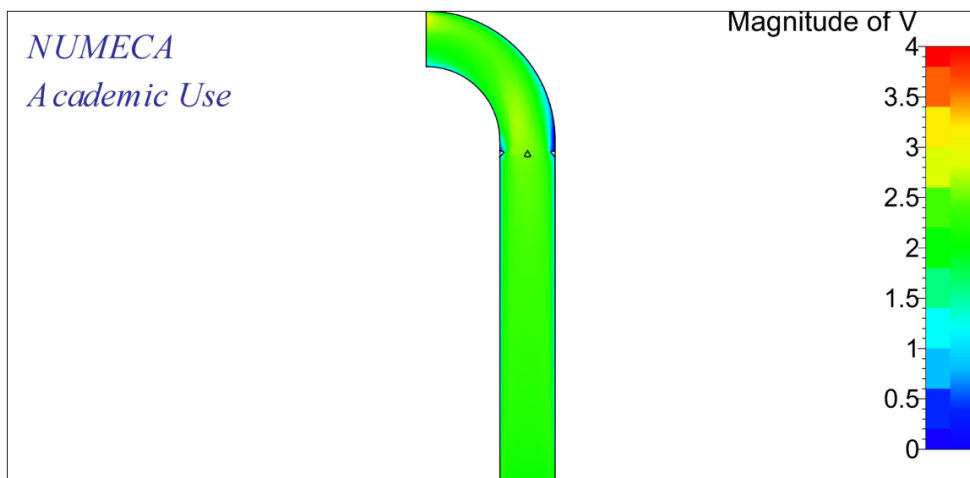
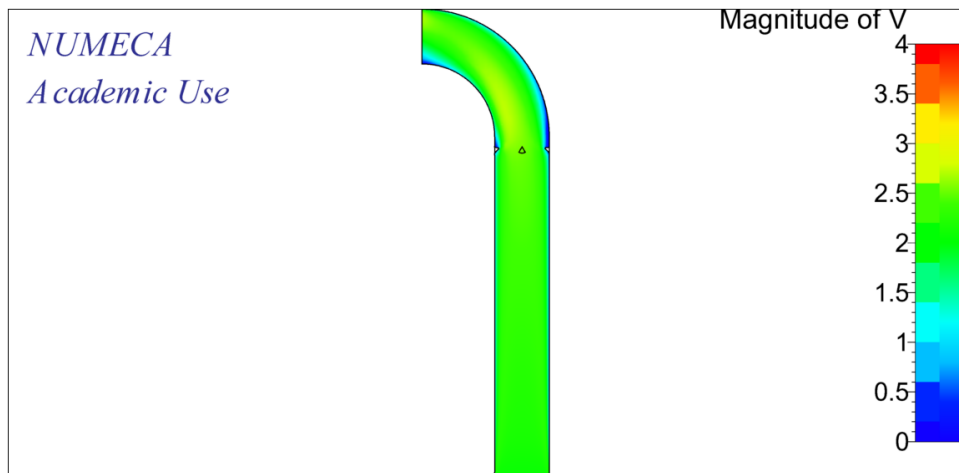
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 50000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



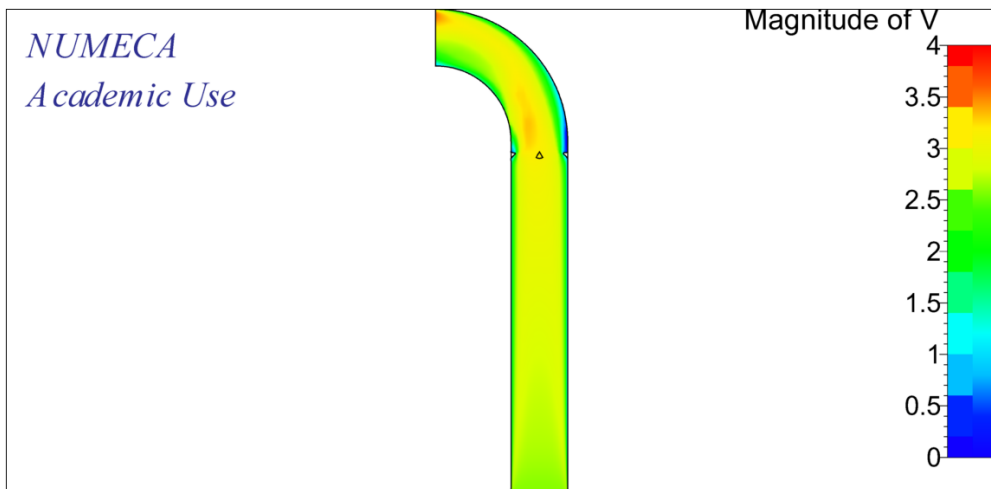
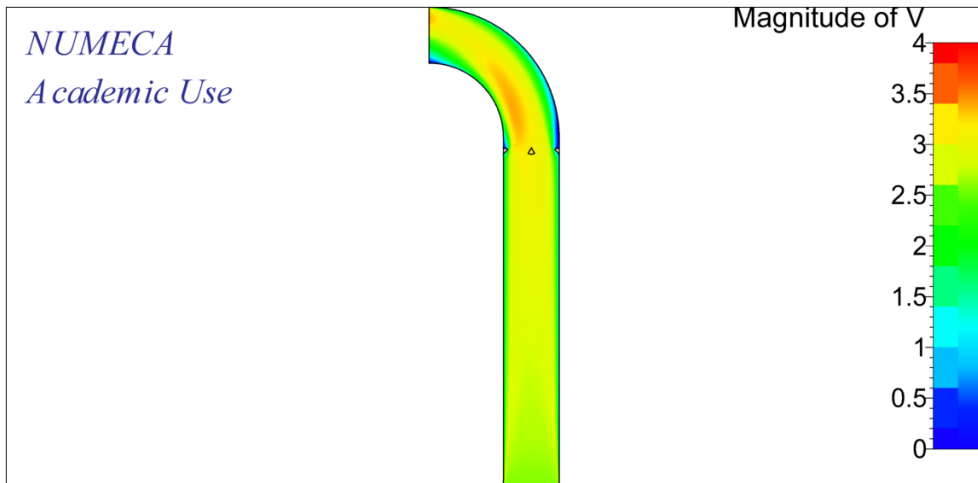
Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 100000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 200000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



Hasil simulasi berupa Kecepatan pada RE 250000 dengan gaya Gravitasi dan Tanpa gaya Gravitasi



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lubuk Sikaping pada tanggal 03 November 1993, dan merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Selama hidupnya penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari TK Negeri Pembina, SDN 11 Tanjung Alai, MTsN Lubuk Sikaping, dan SMAN 1 Lubuk Sikaping, Universitas Diponegoro Semarang dengan program studi jurusan D3-Teknik Perkapalan. Pada tahun 2016 penulis diterima sebagai mahasiswa Departmen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS melalui jalur ujian tulis Lintas Jalur. Di jurusan Teknik Sistem Perkapalan ini, penulis mengambil bidang studi Marine Manufacturing and Design (MMD) untuk menyelesaikan tugas akhir.

Selama berkuliah, penulis sangat aktif dalam beberapa kegiatan di dalam kampus dan di luar kampus. Dalam bidang organisasi di luar kampus, penulis berkesempatan menjadi Anggota IKAMMI Semarang dan IMAMI Surabaya, penulis juga pernah menjabat menjadi ketua KOPAS Semarang selama dua periode.